

Max Planck FORSCHUNG



Das Wissenschaftsmagazin der Max-Planck-Gesellschaft 3.2019



Freiheit

WIRTSCHAFTSPOLITIK
Vom Drang, Freiheit
zu regulieren

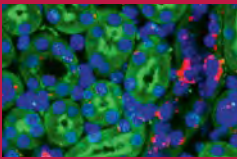
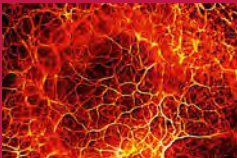
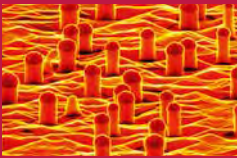
GAIA-MISSION
Inventur im
Universum

VIREN
Winzige
Giganten

METHANABBAU
Partner in
der Tiefsee



Connecting Science and Business.



Als Technologietransfer-Organisation der Max-Planck-Gesellschaft ist Max-Planck-Innovation das Bindeglied zwischen Industrie und Grundlagenforschung. Mit unserem interdisziplinären Team beraten und unterstützen wir die Wissenschaftler bei der Bewertung von Erfindungen, der Anmeldung von Patenten sowie der Gründung von Unternehmen. Der Industrie bieten wir einen zentralen Zugang zu den Innovationen der Max-Planck-Institute. Damit erfüllen wir eine wichtige Aufgabe: den Transfer von Ergebnissen der Grundlagenforschung in wirtschaftlich und gesellschaftlich nützliche Produkte.

Connecting Science and Business





Voller Bewegung

Rauf, runter, oben, unten, vorne, hinten – mit sieben unabhängig voneinander ansteuerbaren Drehgelenken, einer um 360 Grad drehbaren und simultan in sechs verschiedene Richtungen steuerbaren Kabine sowie der zwölf Meter langen Linearachse bietet der CyberMotion Simulator (CMS) in Tübingen nahezu unendliche Möglichkeiten der Bewegungssimulation. Und auch wenn sich der Gedanke hier aufdrängt: Dieses weltweit einzigartige Instrument dient nicht der Entwicklung der neuesten Attraktion für das Münchner Oktoberfest. Vielmehr untersuchen die Forscher um Heinrich Bühlhoff am Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik damit das komplexe Zusammenspiel von Seh- und Gleichgewichtssinn im menschlichen Gehirn.

Der auf der Basis eines industriellen Roboterarms konstruierte CMS kann Versuchspersonen in fast jede denkbare Position befördern. Der Mensch in der Kabine kann dabei passiv entlang vordefinierter Bahnen geführt werden oder auch mittels eines Lenkrads oder Steuerknüppels die Bewegung selbst bestimmen. Selbst Helikopterflüge können nachgestellt werden. Das große, hochauflösende Display an der Innenwand der Kabine bietet die dazu passende virtuelle Realität.

Oder eben gerade nicht! Besonders interessant für die Wissenschaftler ist nämlich die Möglichkeit, die verschiedenen Sinnesorgane, die bei der Orientierung im Raum eine Rolle spielen, getrennt voneinander zu stimulieren. So können sie zum Beispiel den Schwindelgefühlen auf den Grund gehen, die nicht selten auftreten, wenn Menschen sich in virtuellen Räumen bewegen – etwa bei Computerspielen mit VR-Brille. Auch für die Entwicklung autonomer Fahrzeuge ist dies von großer Bedeutung. Spätestens wenn die Passagiere dem selbstfahrenden Auto so sehr vertrauen, dass sie sich auf der Fahrt mit völlig anderen Dingen beschäftigen, stimmen auch hier die körperliche Selbstwahrnehmung und die Informationen, die die Augen an den visuellen Cortex im Gehirn liefern, nicht überein. Und darauf reagieren manche Menschen mit Übelkeit.



Inhalt



18 FREIHEIT

18 Forschungsfreiheit – eine unendliche Geschichte

Die Unabhängigkeit der Wissenschaft hat in Deutschland eine lange Tradition. Sie wurde jedoch auch immer wieder durch religiöse oder rechtliche Grundsätze eingeschränkt. Die Entwicklung der akademischen Freiheit und ihre Grenzen sind Thema am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte.

26 Nadelstiche gegen Justitia

Eigentlich garantiert das Grundgesetz die Unabhängigkeit der Gerichte in Deutschland. Aber kann die Politik die Justiz nicht doch beeinflussen? Am Max-Planck-Institut für ausländisches und internationales Privatrecht und am Max-Planck-Institut für europäische Rechtsgeschichte haben Forscher verblüffende Antworten auf diese Frage gefunden.

34 Fremdbestimmte Freiheit

Die Unterschiede zwischen Ost und West sind in letzter Zeit wieder gewachsen. Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für ethnologische Forschung untersuchen in Ostdeutschland und Ungarn, warum das so ist.

ZUM TITEL: Freiheit ist eine Grundbedingung für wissenschaftliche Arbeit. In diesem Sinne sind alle Forschungsgebiete an ihr interessiert. Vor allem in den Rechts-, Sozial- und Geschichtswissenschaften ist die Freiheit auch Gegenstand der Forschung. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ergründen die Entwicklung der akademischen Freiheit, sie fragen, wie es um die richterliche Unabhängigkeit steht oder wie Menschen die Wende von der DDR zum liberalen westlichen System erlebt haben.

10

Ausgeschlossen: Internetnutzer demonstrieren dagegen, den Zugriff auf Netzinhalte zu verlieren.

PERSPEKTIVEN

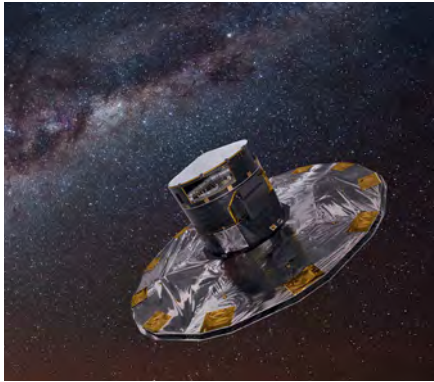
- 06 Festversammlung im Zeichen Europas
- 06 Zuwachs in Bochum und Konstanz
- 07 „Das Teleskop bietet ein riesiges Potenzial“
- 08 Diese Frauen sind spitze!
- 08 Flugsimulation für Wurfscheiben
- 09 Wegbereiter der künstlichen Intelligenz geehrt
- 09 Ins Netz gegangen

ZUR SACHE

- 10 **Vom Drang, Freiheit zu regulieren**
Die Digitalisierung von Gesellschaft und Wirtschaft erfordert klare gesetzliche Rahmenbedingungen. Unsere Autoren warnen jedoch vor protektionistischen Regelungen und übereilten Entscheidungen.

FOKUS

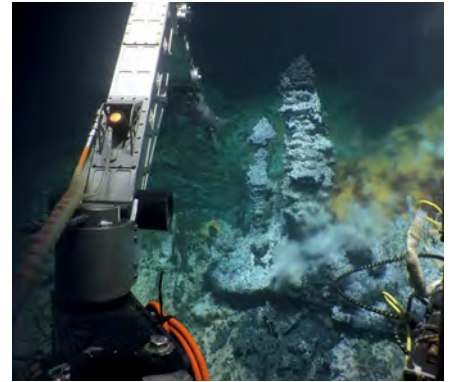
- 18 Forschungsfreiheit – eine unendliche Geschichte
- 26 Nadelstiche gegen Justitia
- 34 Fremdbestimmte Freiheit



50 Ausgerichtet: Ein Weltraumteleskop blickt auf die Sterne unserer Galaxis.



66 Ausgeglichen: Beim Reiten bekommt Anja Feldmann den Kopf frei.



72 Ausgeströmt: Heiße Quellen in der Tiefsee bilden den Lebensraum für Mikroorganismen.

SPEKTRUM

- 44** Wer länger lebt, bekommt weniger Kinder
- 44** Lichtkamm für die Datenkommunikation getrimmt
- 45** Mikromaschinen montieren sich selbst
- 45** Die Ursprünge der Kartoffel
- 45** Die Drogenkrise und ihre Kinder
- 46** Feuer schwächen tropische Regenwälder dauerhaft
- 46** Die älteste Werkstatt der Menschheit
- 47** Die Anfänge des Cannabisrauchens
- 47** Tiermütter gehen über Leichen
- 48** Insekten auf Reisen
- 48** Goliaths Vorfahren kamen aus Europa
- 49** In aller Ruhe entscheiden
- 49** Auftrieb für Roboterqualle
- 49** Immer schön absichern!

PHYSIK & ASTRONOMIE

- 50 Inventur im Universum**
Das europäische Satellitenteleskop *Gaia* vermisst Milliarden Sterne unserer Milchstraße. Forscher des Max-Planck-Instituts für Astronomie haben einen Teil des Himmelskatalogs erstellt.

BIOLOGIE & MEDIZIN

- 58 Winzige Giganten**
Manche Viren sind größer als Bakterien. Nur wenige Forscher beschäftigen sich mit diesen Exoten. Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für medizinische Forschung gehören dazu.

MATERIAL & TECHNIK

- 66 Parforceritt über Datenbahnen**
Zur Person: Anja Feldmann

UMWELT & KLIMA

- 72 Partner in der Tiefsee**
Archaeen sind eine eigene Domäne des Lebens. In der Tiefsee bilden die Mikroben rund um heiße Quellen Lebensgemeinschaften mit Bakterien. Forscher des Max-Planck-Instituts für marine Mikrobiologie wollen wissen, wie sie dabei Methan abbauen.

RUBRIKEN

- 03 Orte der Forschung**
- 16 Post aus - Ngamba Island, Uganda**
Tür an Tür mit Schimpansen
- 42 Infografik**
Flughunde forsten auf
- 78 Rückblende**
Das Virus aus dem Keller
- 80 Neu erschienen**
80 Michael Wächter, Kleine Entdeckungsgeschichte(n) der Chemie
- 81 Josef H. Reichholf, Schmetterlinge
- 82 Floris Heyne, Joel Meter, Simon Phillipson, Delano Steenmeijer, Apollo VII-XVII
- 83 Standorte**
- 83 Impressum**

Festversammlung im Zeichen Europas

Die Max-Planck-Gesellschaft kam in Hamburg zu ihrem 70. Jahrestreffen zusammen

„Der Europäische Forschungsraum ist ein Zukunftsversprechen“, sagte Martin Stratmann in seiner Festrede zum Abschluss der 70. Jahresversammlung Ende Juni in Hamburg. Diese Verantwortungsgemeinschaft mitzugestalten, sei zentrale Aufgabe der Max-Planck-Gesellschaft.

So setzt sich Stratmann beispielsweise für das Dioscuri-Programm ein, das 2018 aufgelegt wurde mit dem Ziel, wissenschaftliche Leuchttürme in Mittel-, Ost- und Südosteuropa zu etablieren. Im Zentrum des Festvortrags von Kiran Klaus Patel, Historiker an der Universität

Maastricht, standen Lehren aus der Geschichte der europäischen Integration.

Zum Auftakt des Jahrestreffens war der Wissenschaftspreis des Stifterverbands verliehen worden. Wolfgang Baumeister, Direktor am Max-Planck-Institut für Biochemie, erhielt die mit 50000 Euro dotierte Auszeichnung für die von ihm entwickelte Kryo-Elektrentomografie. Außerdem wurden 32 Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler geehrt, unter anderem mit der Otto-Hahn-Medaille, die herausragende Promotionsarbeiten würdigt.



Festversammlung in der Altonaer Fischauktionshalle: Der gerade im Amt bestätigte Max-Planck-Präsident Martin Stratmann forderte eine Stärkung des Europäischen Forschungsraums.

Max-Planck-Präsident macht weiter

Der Senat der Max-Planck-Gesellschaft bestätigte in seiner Sitzung auf der Jahresversammlung Martin Stratmann an der Spitze der Gesellschaft. „Das Amt des Präsidenten bietet eine großartige Chance, die Max-Planck-Gesellschaft in Zusammenarbeit mit ihren Gremien zu gestalten. Und die kommenden Jahre werden besonders spannend“, sagte Stratmann mit Blick auf seine zweite Amtszeit, die im Juni 2020 beginnt.

Zuwachs in Bochum und Konstanz

Mit zwei neuen Instituten steigt die Zahl der Max-Planck-Institute auf 86

Im Mai 2019 war es so weit: Die Gemeinsame Wissenschaftskonferenz (GWK) von Bund und Ländern gab grünes Licht für die Gründung von zwei neuen Max-Planck-Instituten auf den Gebieten Cybersicherheit und Schutz der Privatsphäre sowie Verhaltensbiologie. Die wachsenden Herausforderungen für die Datensicherheit stehen im Fokus des Max-Planck-Instituts für Cybersicherheit und Schutz der Privatsphäre in Bochum. Mit Gilles Barthe, der zuvor am Institute for Advanced Studies in Software Development Technologies in Madrid forschte, und Christof Paar, Professor an der Ruhr-Universität Bochum, gibt es bereits

zwei Gründungsdirektoren. Die zweite Neugründung, das Max-Planck-Institut für Verhaltensbiologie, entsteht aus jenem Teil des Max-Planck-Instituts für Ornithologie, der bislang seinen Sitz in Radolfzell hatte. Zu den bereits bestehenden Abteilungen der Direktoren Martin Wikelski und Iain Couzin kommt Margaret Crofoot von der University of California in Davis als Direktorin hinzu. Das neue Institut wird in Konstanz angesiedelt und Teil eines weltweit führenden, fächerübergreifenden Forschungsverbundes, der das Gruppenverhalten unterschiedlicher Tierarten mithilfe modernster Technologien untersucht.

„Das Teleskop bietet ein riesiges Potenzial“

Peter Predehl vom Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik über die Mission *eRosita*

Am 13. Juli ist das bisher größte deutsch-russische Gemeinschaftsprojekt im Bereich der Wissenschaft gestartet: Von Baikonur aus brachte eine Rakete das Weltraumobservatorium *Spektrum-RG* ins All. Die Plattform trägt zwei Röntgenteleskope, eines davon ist *eRosita*. Es wurde federführend am Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik entwickelt und soll den gesamten Himmel in bisher unerreichter spektraler und räumlicher Auflösung durchmustern. Über die Mission sprachen wir mit Peter Predehl, dem wissenschaftlichen Leiter von *eRosita*.

Herr Predehl, was ist das Besondere an eRosita?

Peter Predehl: Unser Teleskop wird zunächst den gesamten Himmel im Röntgenlicht scannen und dabei keine einzelnen Quellen ins Visier nehmen. Ein solcher „All-Sky Survey“ bietet ein riesiges Entdeckungspotenzial, weil man ja nicht gezielt nach einem bestimmten Objekt sucht, sondern Neues und Unerwartetes im Blick hat. Zweitens besitzt *eRosita* ein unbegrenztes Gesichtsfeld und kann damit auch Röntgenquellen abbilden, die sehr groß sind und sich weit über das Firmament ausdehnen. Dazu zählen etwa Supernova-Überreste, also die ausgestoßenen Gashüllen explodierter Sterne.

Welche Ziele hat die Mission?

Simulationen haben gezeigt, dass wir mit *eRosita* rund 100 000 Galaxienhaufen beobachten werden. Die Untersuchung dieser größten Strukturen im Weltall ist unser primäres Ziel. In einem solchen Haufen finden sich bis zu einige Tausend Galaxien – Milchstraßensysteme wie das unsere –, die durch die Schwerkraft aneinandergebunden sind. Im Röntgenlicht erscheinen diese Galaxienhaufen als kompakte Objekte. Dabei messen wir aber nicht das Licht der einzelnen Galaxien, sondern jene Strahlung, die das Gas zwischen den Galaxien aussendet, diese umgibt wie ein Kokon. Insgesamt bilden Galaxienhaufen eine großräumige Struktur, die einem kosmischen Netz ähnelt. Indem wir die Galaxienhaufen beobachten, betreiben wir Kosmologie.

Wie ist das zu verstehen?

Die Galaxienhaufen spiegeln die Materieverteilung im Universum wider, denn sie bilden die Fäden und Knoten des kosmischen Netzes, während es dazwischen riesige Leerräume praktisch ohne Materie gibt. Nun hat sich das All seit dem Urknall entwickelt. Mit *eRosita* blicken wir in große Entfernungen und – weil das Licht von ferneren Objekten sehr lange zu uns unterwegs ist – in die Zeit zurück. Stellen Sie sich vor, wir beobachten im Röntgenlicht einen Galaxienhaufen. Dann haben wir schon mal die Richtung, in der er sich befindet, und seine Helligkeit. Wenn wir jetzt aus Anschlussbeobachtungen mit optischen Teleskopen seine Entfernung messen, können wir schließlich seine Masse bestimmen. Damit wissen wir, welche spezifische Dichte das Universum zu einer bestimmten Epoche hatte. Aus vielen solcher Messungen lassen sich letztlich verschiedene kosmologische Parameter ableiten.

Finden Sie auch etwas zur Expansion des Weltalls heraus?

Ja, denn das All dehnt sich beschleunigt aus. Ursache dafür ist offenbar die Dunkle Energie – und damit stecken wir mitten in einem heißen Thema der aktuellen Forschung. Ich will nicht sagen, dass wir das Rätsel um diese Dunkle Energie lösen werden, aber wir sind ihr zumindest auf der Spur.

Und ist die Dunkle Materie auch ein Thema für eRosita?

Wie schon erwähnt, befinden sich zwischen den Galaxien eines Haufens große Mengen heißen Gases. Dieses intergalaktische Plasma sammelte sich in einer Gravitationsenke, die wohl durch die Dunkle Materie erzeugt wurde. Hier ist es interessant zu verfolgen, wie sich Galaxienhaufen unter dem Einfluss der Dunklen Materie und im Laufe der Zeit entwickelt haben.

Warum wird eRosita nicht in einer Bahn um die Erde laufen, sondern weit weg im Weltraum stationiert werden?

Dafür gibt es im Wesentlichen drei Gründe: An einem Ort um den sogenannten Librations- oder Lagrangepunkt 2, etwa 1,5 Millionen Kilometer von der Erde entfernt, ist



Peter Predehl

unser Planet nicht im Weg. Außerdem herrscht dort draußen im Weltraum eine konstante Temperatur, weil die Instrumente ja nicht dem dauernden Wechsel von Tag und Nacht ausgesetzt sind. Drittens erlaubt der Standort eine permanente Beobachtung des Himmels.

Wie gestaltete sich die Zusammenarbeit mit den russischen Kollegen?

Auf der Arbeitsebene war das im Großen und Ganzen kein Problem. Natürlich gibt es in Kollaborationen immer mal Konflikte, das ist ganz normal. Wir mussten allerdings viel lernen, denn die Russen haben bei einem Weltraumprojekt doch etwas andere Prozeduren als die westlichen Agenturen wie ESA oder NASA.

Waren Sie vor dem Start nervös?

Nein, nervös würde ich nicht sagen. Ich war allenfalls angespannt. Aber wir hatten alles getan, was getan werden musste. Und ich war mir immer im Klaren: Wenn der Start schiefeht, ist das Teleskop weg, dann gibt es keinen Plan B. Übrigens haben wir zehn Jahre an dem Projekt gearbeitet, eine für eine Mission dieser Größenordnung durchaus angemessene Zeit.

Wann erwarten Sie die ersten Ergebnisse?

Etwa drei Monate nach dem Start wird *eRosita* am Librationspunkt 2 angekommen sein und ihn auf einer Umlaufbahn mit bis zu 800 000 Kilometer Halbachse umkreisen. Das erste Licht erwarte ich aber schon auf dem Weg dorthin.

Interview: Helmut Hornung

Diese Frauen sind spitze!

Die ersten Lise-Meitner-Gruppenleiterinnen stehen fest



Ob astrophysikalische Spektroskopie, Neuroplastizität oder panafrikanische Evolution: So unterschiedlich die Forschungsgebiete der ersten Lise-Meitner-Gruppenleiterinnen auch sein mögen, eines haben sie gemeinsam – wie die Namensgeberin des Programms zählen sie zu den Ausnahmetalenten in einem häufig männlich dominierten Umfeld. Im Rahmen des Lise-Meitner-Exzellenzprogramms, das die Max-Planck-Gesellschaft 2018 startete, haben inzwischen zwölf Nachwuchsforscherinnen einen Ruf auf eine Gruppenleitungsposition an einem Max-Planck-Institut erhalten. Das Programm zielt darauf ab, hoch motivierte und engagierte Wissenschaftlerinnen zu identifizieren, die sich in einer Durchbruchphase ihrer Karriere befinden. Sie erhalten die Chance, sich für leitende Positionen in der Wissenschaft und besonders innerhalb der Max-Planck-Gesellschaft zu qualifizieren.

Knapp 300 Kandidatinnen aus 42 Ländern hatten sich auf eine Gruppenleitungsposition beworben. Bei der Auswahl der zwölf erfolgreichen Kandidatinnen spielten vor allem ihre beeindruckenden bisherigen Forschungserfolge sowie ihr nachweislich starkes Potenzial eine wesentliche Rolle. Neun von ihnen haben den Ruf inzwischen angenommen.

 www.mpg.de/lise-meitner-exzellenzprogramm

Flugsimulation für Wurfscheiben

Die Max-Planck-Gesellschaft gratuliert „Jugend forscht“-Preisträger in der Kategorie Physik

Mit seiner kreativen Herangehensweise und seiner methodischen Breite überzeugte er die Jury: Nils Wagner belegte beim 54. „Jugend forscht“-Bundesfinale in Chemnitz den ersten Platz in der Kategorie Physik. In seinem Projekt beschäftigte sich der 20-Jährige, der an der Technischen Universität München studiert, mit einem besonderen Wurferät: Der X-Zylo ist ein dünnwandiger Hohlzylinder, der wie ein Football geworfen wird und erstaunlich geradlinig fliegen kann. Um dies im Detail zu verstehen, schrieb Wagner ein Computerprogramm, das die Flugbahn des X-Zylo simulieren kann. Anschließend überprüfte er die Ergebnisse mithilfe von Versuchen mit einer selbst gebauten, katapultähnlichen Abschussvorrichtung. Das Ergebnis: Die berechneten und die tatsächlichen Flugbahnen lagen nahe beieinander, auch wenn die Software noch nicht alle für den Flug maßgeblichen Effekte berücksichtigte.

Über den Erfolg des Jungforschers freute sich auch die Max-Planck-Gesellschaft: Seit 2012 stiftet sie für den Nachwuchswettbewerb „Jugend forscht“ die Preise im Fachbereich Physik. Die Auszeichnung überreichte Jan-Michael Rost vom Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme.



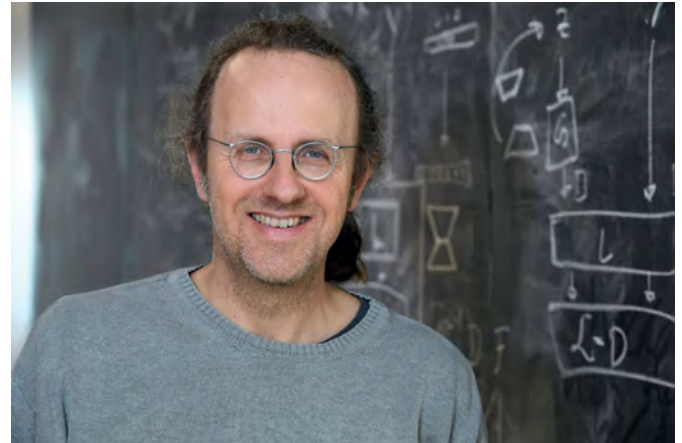
Freude in Chemnitz: Nils Wagner (links), der Bundessieger 2019 im Bereich Physik, mit Max-Planck-Direktor Jan-Michael Rost.

Wegbereiter der künstlichen Intelligenz geehrt

Max-Planck-Direktor Bernhard Schölkopf erhält den Körber-Preis 2019

Seine mathematischen Verfahren haben maßgeblich dazu beigetragen, der künstlichen Intelligenz (KI) zu ihren jüngsten Höhenflügen zu verhelfen. Für diese Pionierleistungen erhält Bernhard Schölkopf, Direktor am Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme in Tübingen, nun den Körber-Preis für die Europäische Wissenschaft – mit einer Million Euro eine der weltweit höchstdotierten Forschungsauszeichnungen.

„KI ist im Spiel, wenn das Smartphone abgespeicherte Fotos automatisch nach Gesichtern und Themen wie Urlaub gruppiert“, erklärt der Physiker, Mathematiker und Informatiker. „Oder Texte von einer Sprache in eine andere übersetzt.“ Mit seinem Team erforscht Schölkopf Algorithmen, mit denen Computerprogramme flexibel auf Situationen reagieren können, zum Beispiel für selbstfahrende Autos. „Wenn in einer geschlossenen Ortschaft ein Tempo-30-Schild so überklebt wurde, dass es wie ein Tempo-120-Schild aussieht, dann muss das KI-System eines selbstfahrenden Autos aus dem Kontext erschließen können, dass dieses Schild zu ignorieren ist“, sagt Schölkopf. Er hat zentrale Methoden für das maschinelle Lernen etabliert, von deren Anwendungen die Biologie, die Medizin, die Wirtschafts- und Sozialwissenschaften und zahlreiche andere Felder profitieren. Schölkopf ist auch Mitbegründer des „Cyber Valley“, eines vom Land Baden-Württemberg



Verhilft Computern zu Flexibilität: Bernhard Schölkopf, Direktor am Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme und Körber-Preisträger 2019.

geförderten Verbunds akademischer und industrieller Forschungseinrichtungen in der Region Stuttgart-Tübingen. Es soll Deutschland international zu einer Spitzenstellung im Bereich KI verhelfen.

Ins Netz gegangen



MRT vom Waldhorn-Quartett

Ungewohnte Töne im Labor: Die Profimusiker von *german hornsound* waren im Juni am Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie zu Gast, um sich beim Hornspielen mit der Echtzeit-Magnetresonanztomografie (MRT) filmen zu lassen. Mit ihrer Darbietung unterstützen die Bläser ein Projekt von Jens Frahm, der an einer Therapie für fokale Dystonie forscht. Verkrampfungen von Zunge und Lippen führen bei dieser Berufskrankheit dazu, dass Blasmusiker ihr Instrument nicht mehr virtuos spielen können. Ein Video und weiterführende Informationen dazu finden Sie unter mpibpc.mpg.de/Hornisten-im-Echtzeit-MRT

Vielfalt des Lebens

Fast überall auf der Erde geht die Biodiversität zurück: Der Verlust betrifft neben der Artenvielfalt auch die Häufigkeit von Organismen. Das Themen-Special auf der Max-Planck-Webseite zeigt deutlich, wie dramatisch dieser Rückgang weltweit ist, warum biologische Vielfalt wichtig ist und warum sich eine hohe Biodiversität nicht nur positiv auf die Landwirtschaft auswirkt, sondern auch auf das Weltklima.

mpg.de/biodiversitaet

Fragen der Freiheit

Die Allianz der Wissenschaftsorganisationen feiert 70 Jahre Grundgesetz. Insbesondere Artikel 5 der deutschen Verfassung, der neben freier Meinungsäußerung und Pressefreiheit auch Wissenschaftsfreiheit garantiert, wirft viele Fragen auf. Wie gehen Forschende mit ihrer Freiheit um? Wo stößt Wissenschaftsfreiheit an ethische Grenzen? Diskussionsveranstaltungen, Podcast- und Interviewreihen gehen diesen Fragen nach. Am **26. September 2019** findet im Futurium in Berlin eine Abschlussveranstaltung der Kampagne statt, an der auch Bundespräsident Frank-Walter Steinmeier teilnehmen wird. www.wissenschaftsfreiheit.de

Vom Drang, Freiheit zu regulieren

Die Digitalisierung verändert die Wirtschaft, die Gesellschaft und das Leben jedes Einzelnen. Mit ihr wächst das Bedürfnis nach klaren rechtlichen Rahmenbedingungen. Diese sollten der Datenwirtschaft ausreichend Freiraum lassen und zugleich verhindern, dass sich zu viel Marktmacht in einer Hand konzentriert. Unsere Autoren beleuchten, wie die Politik in jüngerer Zeit die Herausforderungen angeht. Und sie warnen vor protektionistischen Regelungen und übereilten Entscheidungen – nicht nur im digitalen Bereich.

TEXT **RETO M. HILTY** UND **HEIKO RICHTER**

In der Nacht vom 23. auf den 24. Mai 1949 trat das Grundgesetz in Kraft. Auf dem Boden dieser Freiheitsordnung wuchs in Deutschland eine demokratisch und rechtsstaatlich verfasste Gesellschaft heran, und es entwickelte sich ein damals noch kaum vorstellbarer Wohlstand. Bewusst sahen die Mütter und Väter des Grundgesetzes jedoch davon ab, eine bestimmte Wirtschaftsordnung festzuschreiben. Gleichwohl wurden die Eckpfeiler einer

Dienstleistungen und Kapital. Was in der deutsch-französischen Aussöhnung seinen Anfang nahm, gipfelt inzwischen in einem Binnenmarkt, der einer halben Milliarde Menschen offensteht. Motor dieses Binnenmarktes ist das Wettbewerbsprinzip. Funktionsgarant ist der Schutz des Wettbewerbs vor Verfälschungen. Funktionierender Wettbewerb ist es, was Marktteilnehmer ständig zu Innovationen antreibt und immer wieder neue Problemlösungen hervorbringt.

Über die konkrete Ausgestaltung eines liberalen Wirtschaftssystems lässt sich natürlich kontrovers diskutieren: Durch welche Rahmenbedingungen werden innovative Wirtschaftsakteure begünstigt? Welchen Grad an Freiheit benötigen sie – und welche Rolle soll der Staat spielen? Auf welche Gesichtspunkte soll sich marktrelevante Regelsetzung durch den Staat ausrichten? Solche Fragen sind wirtschaftspolitische Dauerthemen. Im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung stellen sie sich aber in besonderer Schärfe. Woran liegt es etwa, dass Deutschland im IMD World Competitiveness Ranking jüngst auf Rang 17 zurückgefallen ist und im Zuge einer globalen Kräfteverschiebung offenbar den Anschluss zu verlieren droht?

Inmitten des gegenwärtigen politischen Weltklimas ist die Gefahr virulent, dass Gesetzgeber versuchen, Missstände auf einfache Kausalitäten zurückzuführen und vermeintliche Fehlentwicklungen durch

Die wirtschaftspolitische Wetterfahne richtet sich nach nationalen Phantasmen

liberalen Wirtschaftsordnung bereits im Grundgesetz angelegt: die Eigentumsgarantie, der Schutz der Berufsfreiheit und der allgemeinen Handlungsfreiheit.

Heute, 70 Jahre später, erscheint uns ein marktwirtschaftliches System selbstverständlich, zumal sich auch die im Jahre 1957 gegründete Europäische Wirtschaftsgemeinschaft darauf verständigte. Der Ausbau eines „gemeinsamen Marktes“ folgt seinerseits den Prinzipien der Freizügigkeit für Personen, Waren,



In ganz Europa gab es im Frühjahr 2019 Proteste gegen den geplanten Artikel 13 der EU-Urheberrechtsreform. Wissenschaftler teilen die Befürchtung, dass die neue Regelung zu einem flächendeckenden Einsatz von Uploadfiltern führt. Trotzdem verabschiedete das EU-Parlament die Richtlinie.

spezifische Regulierung zu „korrigieren“. Besser wäre es, sich darauf zu konzentrieren, die allgemeinen Rahmenbedingungen zu verbessern und damit ergebnisoffene Investitionsanreize zu setzen. Stattdessen richtet sich die wirtschaftspolitische Wetterfahne vermehrt nach dem Wind nationaler Phantasmen, die simple ökonomische Grundsätze ignorieren. Symptomatisch hierfür sind etwa das deutsch-französische „Manifest für die Industriepolitik“ und die von Bundeswirtschaftsminister Peter Altmaier herausgegebene „Industriestrategie 2030“ aus dem Frühjahr 2019.

Das Strategiepapier propagiert eine aktivere staatliche Industriepolitik, damit deutsche Unternehmen im globalen Wettbewerb bestehen könnten. So soll sich der Anteil der Industrie an der Bruttowertschöpfung in Deutschland an einer Zielvorgabe von 25 Prozent im Jahr 2030 orientieren. Um sich auf dem Weltmarkt zu behaupten, sollen dafür bestimmte Industrien und speziell auch deutsche Großunternehmen gestärkt werden. Außerdem regt das Papier die Einrichtung eines staatlichen Beteiligungsfonds an,

Der Schutz alteingesessener Geschäftsmodelle verzögert den nötigen Strukturwandel

um in wichtigen Fällen Unternehmenskäufe aus dem außereuropäischen Ausland abwehren zu können. Pate standen diesen Ideen sowohl die am Kartellrecht gescheiterte Fusion der Zugsparten von Siemens und Alstom als auch die erfolgreiche Übernahme des Augsburger Roboterherstellers Kuka durch den chinesischen Midea-Konzern.

Die Kritik aus der Wirtschaft erfolgte prompt – einmütig und in der Sache nachdrücklich ablehnend. Auch der Wissenschaftliche Beirat beim Bundeswirtschaftsministerium wies den eingeschlagenen Weg entschieden zurück. Tatsächlich irritiert das ministeriale Selbstverständnis, als politischer Entscheidungsträger künftige Entwicklungen besser vorhersehen zu können als dezentral agierende Wirtschaftsakteure. Dies offenbart nicht nur das mangelnde Vertrauen der Politik in den Grundsatz, dass die Gewährung unternehmerischer Freiheit letztlich dem Wohle aller dient. Infrage gestellt wird darüber hinaus eine wich-

tige Determinante für Innovation: Die entscheidenden Informationen für die Bewältigung künftiger Herausforderungen gehen vom Markt aus. Die im Wettbewerb agierenden Akteure sind daher weit besser als der Staat in der Lage, die laufende technologische Entwicklung zu analysieren und neue Bedürfnisse adäquat zu befriedigen.

Wenn stattdessen der Staat *national champions* designiert und die Produktion gewisser Güter und Dienstleistungen gezielt lenkt, dringt er in einen sensiblen Kernbereich unternehmerischer Entscheidungsfindung vor. In eine ähnliche Richtung geht es auch, wenn bestimmte Industrien aufgebaut werden, um auf dem Weltmarkt vermeintlich aufzuholen oder Abhängigkeiten aufzubrechen. Genau dies tat die EU-Kommission gemeinsam mit den Mitgliedstaaten im Oktober 2017, als sie die sogenannte Batterie-Allianz ins Leben rief. Unter erheblichem Einsatz öffentlicher Mittel soll der Aufbau einer Batteriezellenfertigung für Elektromobilität unterstützt werden. Industriekonsortien sollen mit Beihilfen der EU und der Mitgliedstaaten gefördert werden – mit mehreren Milliarden in den nächsten Jahren, so der französische Wirtschaftsminister Le Maire. Derweil fordert sein Berliner Pendant, dass im Jahr 2030 ein Drittel des weltweiten Batteriebedarfs durch europäische Hersteller gedeckt werde (derzeit sind es etwa vier Prozent).

Doch je langfristiger der strategische Zeithorizont für solche Entwicklungsszenarien gesetzt wird, desto größer ist die Gefahr ihres Scheiterns. Der EU-Rechnungshof monierte denn auch mit Recht, dass sich die EU-Förderung der Batterie-Allianz weitgehend auf bestehende (insbesondere Lithium-Ionen-Batterien) und nicht auf bahnbrechende neue Technologien konzentrierte. Schon frühzeitig mehren sich also die Anzeichen, dass man den falschen Weg einschlägt: Der Wettbewerbsnachteil würde nicht aufgeholt, sondern im Gegenteil sogar zementiert, der Druck für echte Innovation würde durch staatliche Intervention beseitigt. Geschaffen würden Industrien, die nach Auslaufen der Förderungen nicht mehr überlebensfähig wären.

Nun bedeutet diese Zurückhaltung gegenüber Interventionen der öffentlichen Hand natürlich nicht, dass dem Staat keine Rolle zukäme, im Gegenteil. Wenn sich Geschäftspraktiken zum Schaden der Gesellschaft auswirken können, sind klare rechtliche Grenzziehungen gerechtfertigt. In solchen Fällen dem öffentlichen Interesse dezidiert zum Durchbruch zu



verhelfen, ist eine der Kernaufgaben des Staates. Nicht dazu gehören allerdings Interventionen zum Schutz einzelner Akteure gegenüber jenen, die den Wettbewerb mit innovativen Produkten, Dienstleistungen, Vertriebsmöglichkeiten oder Geschäftsmodellen zu beleben versuchen. Diese gebotene Grenzziehung bleibt oft unbeachtet, wodurch innovativen Akteuren immer wieder spezifische Marktregulierungen in den Weg gestellt werden. Das betrifft Apotheken ebenso wie den Buchhandel oder das Taxigewerbe.

Gewiss, unter Umständen legen begründete Gemeinwohlerwägungen spezifische Regulierung nahe, etwa mit Blick auf den Gesundheitsschutz, die Meinungsvielfalt oder zur Durchsetzung ethischer Prinzipien. Bedenklich ist indes, wenn solche Gründe vorgeschoben werden, um alteingesessene Geschäftsmodelle abzusichern. Dadurch geraten die betroffenen Wirtschaftszweige im globalen Wettbewerb nur noch schneller ins Hintertreffen. Bloß verzögert würde damit jener Strukturwandel, der mit dem technologischen Fortschritt unweigerlich einhergeht. Weitsichtige Politik zielt daher in die entgegengesetzte Richtung: Sie konzentriert sich darauf, notwendige Strukturanpassungen rechtzeitig zu erkennen und jene Freiräume zu schaffen, die die unausweichlichen Schritte begünstigen. Gleichzeitig liegt eine zentrale Aufgabe des Staates darin, einschneidende Veränderungen sozialverträglich zu gestalten und die Rahmenbedingungen so festzulegen, dass sich das Handeln der Akteure auf lange Sicht auch für das Gemeinwesen nutzenmaximierend auswirken kann.

Die Ausgestaltung eines „digitalen Ordnungsrahmens“ ist dabei besonders komplex. Entsprechend ist Vorsicht geboten vor regulatorischen Schnellschüssen und dysfunktionalen Regeln. Das bisherige politische Vorgehen in Bezug auf die Datenwirtschaft darf im Ergebnis als positives Beispiel gewertet werden. Seinen Ausgang nahm es in der Vorstellung, es sei eine Art „Dateneigentum“ zu schaffen. Angestoßen wurde dieser Diskurs von deutschen Rechtswissenschaftlern. EU-Kommissar Günther Oettinger setzte das Dateneigentum umgehend auf die Kommissionsagenda. Auf den ersten Blick leuchtet alles ein: Zwischen Unternehmen sollen mehr Daten getauscht und gehandelt werden. Das betrifft insbesondere maschinengenerierte Daten, etwa Bodenmessungen durch Traktoren bei der Feldarbeit, Informationen über die Verkehrsdichte durch fahrende Automobile oder Echtzeit-Sensordaten aus der industriellen Fer-

tigung. Innovationspolitisch erscheint das Teilen von Daten sinnvoll, denn diese lassen sich vielfältig verwenden und rekombinieren. Moderne Datenanalysemethoden liefern neue Erkenntnisse und stiften so in unterschiedlichsten Gesellschaftsbereichen Nutzen.

Naheliegender mag es dabei erscheinen, ein Eigentumsrecht an Daten demjenigen zuzusprechen, der sie „produziert“. Aus der Nähe betrachtet, schlagen

Google hat ausreichend Marktmacht, um Lizenzen zum Nulltarif durchzusetzen

derartige Überlegungen allerdings fehl: Statt den Austausch zu fördern, würde ein Dateneigentum Transaktionen verkomplizieren. Dritte könnten vom Zugang ausgeschlossen und marktmächtige Stellungen gestärkt werden; geschaffen würden neue Rechtsunsicherheiten. Diese Zusammenhänge hat die Fachebene der EU-Kommission präzise aufgearbeitet. In einer gelungenen Mischung aus Analysen der real existierenden Verhältnisse und theoretischer Fundierung erkannte sie, dass für ein neues Ausschließlichkeitsrecht schlicht kein Bedarf besteht. Die Einführung eines Dateneigentums wäre daher in den Kampf gegen eine Hydra gemündet: Statt ein vermeintliches Problem zu lösen, wäre eine Vielzahl von neuen geschaffen worden.

Aus politischer Sicht war der Verzicht auf ein Dateneigentum mutig; er dürfte deutlich schneller in Vergessenheit geraten als eine neue Regelung. Freigelegt werden konnte so aber der Weg für eine anders gelagerte und viel wichtigere Debatte: In deren Zentrum steht die Verfügbarkeit von Daten als entscheidender Innovationsfaktor. Kernfrage ist – letztlich mit Blick auf gesamtgesellschaftliche Vorteile –, wer zu welchen Zwecken und unter welchen Bedingungen Zugang zu bestimmten Datensätzen erhalten sollte. Als Erfolg zu werten ist dabei, dass Wirtschaft, Wissenschaft und Politik hier zusammenwirken, um regulatorische Bedürfnisse zu eruieren und unüberlegten gesetzgeberischen Aktivismus zu vermeiden.

Ganz anders verlief die jüngste Urheberrechtsreform der EU. Mit unionsweiten Demonstrationen gegen den berüchtigten „Artikel 13“ wurde jene



buchstäblich auf die Straße getragen. Die Proteste fußten auf der berechtigten Befürchtung, dass die Reform einen flächendeckenden Einsatz von Uploadfiltern bei Onlineplattformen bewirke. Nichtsdestotrotz hat die EU die Regelung nunmehr als Artikel 17 der neuen „Richtlinie zum digitalen Binnenmarkt“ festgeschrieben. Gleichzeitig wurde eine andere weitreichende Regelung beschlossen: Europaweit einzuführen ist nun ein Leistungsschutzrecht für Presseverleger, das vordergründig darauf abzielt, diese an den Einnahmen von „News-Aggregatoren“ zu beteiligen. Solche Dienste führen Nutzer gestützt auf deren Suche über Links direkt auf die Verlagswebseiten. Mit diesen Links platzieren sie kleinere, urheberrecht-

Trotz deutlicher Defizite hievte man das Presseverlegerrecht auch noch auf EU-Ebene

lich nicht geschützte Ausschnitte („Snippets“) aus den betreffenden Artikeln. Genau hier setzt das neue Leistungsschutzrecht an, indem es diese Verwendung von Snippets nunmehr der Einwilligung des betroffenen Presseverlegers unterwirft. Flüchtig betrachtet mag dies einleuchten. Übersehen wird damit aber die zentrale Funktion solcher Aggregatoren: Unterm Strich führen sie den Verlegern nämlich weit mehr Nutzer zu, als die Verleger selbst erreichen könnten.

Trotzdem machten sich die deutschen Presseverleger zunächst auf nationaler Ebene für ein solches Leistungsschutzrecht stark. Und der Gesetzgeber sprang ihnen auch prompt zur Seite. Seit 2013 benötigen Aggregatoren in Deutschland folglich eine Lizenz, um Snippets zu verwenden. Die Rechnung wurde allerdings ohne den größten Wirt gemacht. Denn ausgerechnet Google, derjenige Akteur, den man in erster Linie treffen wollte, verfügt über ausreichende Marktmacht, um Lizenzerteilungen zum Nulltarif durchzusetzen. Kleineren – namentlich spezialisierten nationalen – Aggregatoren ist dies kaum möglich. Können oder wollen diese nicht zahlen, besteht die Gefahr, dass gewisse Inhalte gar nicht mehr verlinkt werden. Das schadet dann nicht nur den betroffenen Verlagen, sondern vor allem den Nutzern, für die der Informationszugang erheblich verkompliziert wird.

Trotz dieser augenfälligen Defizite wurde das deutsche Presseverlegerrecht – entgegen der Vereinbarung im damaligen Koalitionsvertrag – nie evaluiert. Stattdessen hievte man es nun auf EU-Ebene. Dieses Vorgehen ist aus einem besonderen Grund besorgniserregend. Einflussreiche Medienhäuser verfügen über ein beachtliches Druckpotenzial gegenüber politischen Entscheidungsträgern. Erliegen Politiker solchem Druck, erweisen sie der demokratisch-freiheitlichen Gesellschaft einen Bärendienst. Bedroht ist damit nicht nur die unternehmerische Freiheit, sondern recht eigentlich die Meinungsfreiheit.

Letztlich offenbart der digitale Wandel bei diesem Beispiel zwei Seiten einer Medaille: Fördert die Digitalisierung des Medienbereichs zunächst die Verbreitung von und den Zugang zu Information und damit die freie Meinungsbildung, so droht ein Zusammentreffen von Marktmacht, Meinungsmacht und politischer Macht gleichzeitig, den Kerngehalt eines freiheitlichen Systems auszuhöhlen. Gerade im Kontext der Informationsmärkte ist besondere Wachsamkeit angezeigt, um mithilfe des Wettbewerbsrechts einen geeigneten marktwirtschaftlichen Ordnungsrahmen zu spannen. Aus gutem Grund ist die Generaldirektion Wettbewerb der EU-Kommission mit weitgehenden Durchsetzungsbefugnissen ausgestattet.

Die tragende Funktion des Wettbewerbsrechts hat die zuständige Kommissarin Margrethe Vestager in jüngerer Zeit mit Rekordbußgeldern gegen Google in Erinnerung gerufen: Wer so viel Marktmacht hat, dass er die Spielregeln des Marktes zu seinen Gunsten beeinflussen kann, unterliegt besonderen Verpflichtungen, diese Macht nicht zu missbrauchen. Das gilt in erhöhtem Maß für datengetriebene Geschäftsmodelle und Wertschöpfungsketten, denn Netzwerkeffekte und die faktische Konzentration von Daten bei einzelnen Akteuren erhöhen das Risiko privater wirtschaftlicher Einflussnahme in bislang kaum vorstellbarer Weise. Was derzeit in erster Linie in Bezug auf Suchmaschinen, soziale Netzwerke oder Handelsplattformen für Unruhe sorgt, dehnt sich immer weiter aus. Angesichts der entscheidenden Bedeutung der Verfügbarkeit von Daten drohen neue Machtkonzentrationen und Technologievorherrschaften gerade etwa im Hinblick auf maschinelles Lernen. Das besondere Augenmerk der EU-Kommission und der Bundesregierung auf solchen Entwicklungen ist sehr zu begrüßen.

Auch jenseits dieser Problematik liegt es in der Verantwortung des Staates, innovationsfördernde Rahmenbedingungen zu schaffen. Dazu gehören – wie der Wissenschaftliche Beirat beim Bundeswirtschaftsministerium darlegt – beispielsweise ein international wettbewerbsfähiges Steuersystem, aber auch ein ausreichendes Angebot an Energie, an Wagnis- und vor allem an Humankapital. Letzteres betrifft insbesondere das Bildungs- und Forschungssystem. Einfache Rezepte verfassen hier nicht. Wenn die Bundesregierung im Rahmen ihrer Strategie zur künstlichen Intelligenz (KI) etwa ankündigt, mit 100 zusätzlichen Professuren eine breitere Verankerung der KI an Hochschulen abzusichern, wirft dies grundlegende Fragen zur Attraktivität des Wissenschaftsstandortes Deutschland auf. Denn schon die Besetzung der derzeit vakanten Positionen stellt eine Herausforderung dar, stehen öffentliche Einrichtungen hier doch in scharfer, globaler Konkurrenz mit der Privatwirtschaft. Solche planwirtschaftlichen Zielvorstellungen lassen vor allem in einem Land aufhorchen, in dem es noch vor wenigen Jahren eines Weckrufs des Bundesverfassungsgerichts bedurfte, um grundrechtswidrig niedrige W2-Grundbesoldungen anzuheben. Wären Freiheitsperspektiven nicht besser geeignet als Zielvorgaben, um die besten Köpfe nach Deutschland zu locken?

Das Grundgesetz mit seiner freiheitlichen Ausrichtung weist hier ebenso den Weg wie die auf Grundfreiheiten basierende Integration des EU-Binnenmarktes. Gemessen an den Verhältnissen von 1949 ist es ein epochaler Fortschritt, wenn Frankreich und Deutschland heute ganz selbstverständlich gemeinsam über solche Fragen nachdenken. Nicht zielführend wäre es jedoch, wenn Versuche zur Bewältigung der digitalen Herausforderungen auf einen Wettlauf oder gar eine Koordination kurzsichtiger staatlicher Interventionen hinausläufen. Stattdessen sollten sich die Gesetzgeber darauf konzentrieren, möglichst freiheitsorientierte Rahmenbedingungen zugunsten privater Akteure zu etablieren. Gewiss gibt es Grenzen, besonders dort, wo sich zentrale gesellschaftliche Ziele und Wertvorstellungen nicht von selbst auf dem Nährboden der Freiheit entwickeln, sondern als fundamentale Aufgabe vom Staat zu verwirklichen sind. Gleichwohl wäre es verfehlt, wenn die Politik das Vertrauen in den Nutzen weitreichender Freiheiten des Einzelnen verliert. Die Freiheit des Individuums ist der beste Garant für Innovation und Fortschritt. Letztlich dient Freiheit damit dem Wohle aller. ◀

DIE AUTOREN



Reto M. Hilty ist seit 2002 Direktor am Max-Planck-Institut für Innovation und Wettbewerb. Er ist außer-

dem Ordinarius ad personam an der Universität Zürich und lehrt als Honorarprofessor an der Ludwig-Maximilians-Universität München. Seine Forschungsgebiete umfassen das Vertragsrecht für immaterielle Güter, Grundsatzfragen zu Schutzrechten und neuen Technologien sowie die europäische und internationale Schutzrechtsharmonisierung.



Heiko Richter ist seit 2015 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Max-Planck-Institut für Innovation und

Wettbewerb in München. Er erwarb seine juristischen Abschlüsse in Berlin und New York sowie seinen betriebswirtschaftlichen Abschluss in Mannheim. Seine Forschung konzentriert sich auf das Wettbewerbs- und das Urheberrecht, insbesondere auf Regelungen für datengetriebene Wirtschaftszweige und für die Nutzung von Informationen aus öffentlichen Stellen.



Tür an Tür mit Schimpansen

Max-Planck-Wissenschaftler bereisen für ihre Forschung alle Kontinente dieser Erde. Hier schreiben sie über persönliche Erlebnisse und Eindrücke. Lou Marie Haux vom Max-Planck-Institut für Bildungsforschung in Berlin hat drei Monate lang auf Ngamba Island in Uganda das Risikoverhalten von Schimpansen untersucht. In diesem Beitrag berichtet sie von ihren Verhaltensstudien, vom Alltag auf einer kleinen Insel und über ihre schönsten Momente.

Ngamba Island ist eine etwa 40 Hektar große Insel inmitten des Victoriasees – und daher ausschließlich per Schiff zu erreichen. Seit dem Jahr 1998 existiert hier eine Auffangstation für Schimpansenwaisen. Einige der Tiere wurden vor dem Bushmeat-Handel gerettet und auf die bewaldete Insel gebracht. Um zu den Schimpansen zu gelangen, fliege ich ab Berlin nach Entebbe. Von dort geht es mit einem Boot zwei Stunden über den Victoriasee weiter nach Ngamba Island.

Der größte Teil der Insel wird von den Schimpansen – einem unserer nächsten lebenden Verwandten – bewohnt. Außer mir und meiner Forschungskollegin von der britischen Universität Warwick leben auf der Insel noch einige Tierpfleger und Köche. Unser Aufenthaltsbereich beschränkt sich auf acht kleine Häuser, die sich in unmittelbarer Nachbarschaft zu den Schlafräumen der Schimpansen befinden.

Gesicherte Schlafplätze und regelmäßige Fütterungen sind überlebensnotwendig für die 49 Schimpansen. Denn der Wald, welcher einen Großteil der Insel überwuchert, bietet nur wenigen Schimpansen Nahrung. Würden die Tiere zudem im Wald schlafen, wäre dieser in kürzester Zeit vollkommen verwüstet, da Schimpansen für gewöhnlich jede Nacht ein neues Nest bauen.

Die Schimpansen diktieren unseren Tagesrhythmus. Fröhlich werden sie gefüttert und sind anschließend am empfänglichsten für unsere Verhaltensstudien. Es ist faszinierend zu beobachten, wie die Tiere denken, überlegen und Entscheidungen treffen. In einer Studie können sich die Schimpansen zum Beispiel entweder eine Erdnuss sichern – oder auf Risiko spielen; dabei können



Lou Marie Haux, 30, hat in Straßburg, Magdeburg und Berlin Psychologie studiert. Bei Michael Tomasello am Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie schrieb sie Ihre Bachelor- und ihre Masterarbeit. Seit Februar 2018 studiert sie als Doktorandin am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung die evolutionären Grundlagen menschlichen Risikoverhaltens.

sie ihren Gewinn verdoppeln, aber auch leer ausgehen. Mich interessiert dabei in erster Linie, ob sich die Risikopräferenzen von Schimpansen und Menschen unterscheiden oder wo etwaige Gemeinsamkeiten sichtbar werden. Das Ziel meiner Forschung ist es, mehr über die evolutionären Ursprünge menschlichen Risikoverhaltens herauszufinden.

Sobald die Studien beendet sind, schwärmen die Schimpansen in den Regenwald aus. Dort tauchen sie in die Natur ein und werden von uns Menschen nicht gestört. Ich widme mich in der Zwischenzeit anderen Aspekten meiner Forschungsarbeit: Dateneingaben, Videokodierung oder erste Studienanalysen. Der Alltag auf der kleinen Insel – obschon geprägt von wenigen Menschen und sich wiederholenden Tätigkeiten – ist dennoch alles andere als eintönig. Unzählige Pflanzen, Vögel, Fledermäuse und Warane machen jeden Tag einzigartig – und mit den Schimpansen ist sowieso kein Tag wie der andere. Gelegentlich fahren wir nach Entebbe, um Einkäufe zu erledigen, die meiste Zeit verbringen wir jedoch auf Ngamba. Immer wenn ich das Boot verlasse, bin ich voll und ganz im „Inselfieber“.

Bei Einbruch der Dunkelheit kommen die Schimpansen wieder „nach Hause“, werden gefüttert und bereiten sich auf die Nacht vor. Auch ich gehe relativ früh schlafen, nur wenige Meter von ihren Schlafräumen entfernt. Oft liege ich nach einem langen und anstrengenden Forschungstag erschöpft im Bett und kann deutlich hören, wie diese mir so lieb gewordenen Tiere ihre Nester bauen, es sich in ihren Hängematten bequem machen und miteinander kommunizieren. Dann fühle ich mich auf eine ganz besondere Art mit ihnen verbunden – und für mich sind das die schönsten Momente auf Ngamba Island.

Forschungsfreiheit – eine unendliche Geschichte

Die akademische Freiheit, wie wir sie heute kennen, fußt ganz wesentlich auf ihrer Ausgestaltung in Deutschland im 19. Jahrhundert. Damals konnten nicht nur die Professoren eigenständig über ihre Themen entscheiden, sondern auch die Studierenden waren aus heutiger Sicht erstaunlich frei. **Lorraine Daston** vom **Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte** in Berlin hat sich mit der Entwicklung der Wissenschaftsfreiheit und ihren Grenzen befasst.

TEXT **LORRAINE DASTON**

Drei Fakten sollte man bedenken, wann immer man sich mit der akademischen Freiheit auseinandersetzt – sei es als Ideal oder als gelebte Praxis. Erstens gab und gibt es, aus der historischen Langzeit- und der interkulturellen Perspektive betrachtet, relativ wenige Gesellschaften, in denen die Suche nach Erkenntnis um ihrer selbst willen als eigener Wert anerkannt ist oder als eine Tätigkeit, die nachhaltige Unterstützung verdient. Und in den seltenen Fällen, in denen Gesellschaften solche normativen, institutionellen und finanziellen Verpflichtungen eingegangen sind, haben sie der uneingeschränkten Neugierde Grenzen gesetzt. In der mittelalterlichen europäischen Universität beriefen sich diese Einschränkungen auf die religiöse Lehrmeinung (wie 1277 in Paris, als bestimmte aristotelische Lehren wie die Ewigkeit der Welt verurteilt wurden). Viele moderne Gesellschaften

ziehen die Grenze bei Experimenten an Menschen (und zunehmend auch an einigen Tierarten), wenn sie extreme Schmerzen verursachen oder Leib und Leben gefährden können. Forderungen nach Einschränkungen können auch aus der Forschungsgemeinschaft selbst kommen, wie im Falle des jüngsten Plädoyers führender Genetiker, die ein befristetes Moratorium für die Genom-Editierung menschlicher Keimzellen und Embryonen fordern. Die akademische Freiheit ist sowohl ein seltenes als auch ein eingeschränktes Gut.

ÖKONOMEN WEIGERTEN SICH, STATISTIKEN ZU FRISIEREN

Zweitens variieren sowohl die Bedeutung der akademischen Freiheit als auch ihre Rechtfertigung nicht nur abhängig von Zeit und Ort, sondern auch zur gleichen Zeit und am selben Ort. Es hängt sehr stark davon ab, wovon die akademische Freiheit nach

Ansicht ihrer Befürworter in einem bestimmten Kontext am stärksten bedroht ist. Selbst wenn wir uns auf die Gegenwart und auf Gesellschaften mit annähernd gleichartigen akademischen Einrichtungen beschränken, gibt es in dieser Frage erhebliche Unterschiede. So protestieren derzeit viele indische Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler gegen hinduistische Aktivisten, die mit Zensur, Gerichtsverfahren und Gewaltdrohungen gegen Historiker vorgehen, weil diese mit archäologischen Funden belegen, dass Hindus in der Vergangenheit Rindfleisch verzehrt haben, oder weil sie die (unter anderem von Premierminister Narendra Modi erhobene) Behauptung anfechten, wonach es bereits in vedischen Zeiten in Indien Genforschung und Flugzeuge gab. In diesem Zusammenhang gefährdet ein religiöser Extremismus, gepaart mit Chauvinismus, konkret und eindeutig die akademische Freiheit. >





Geschichte im Blick: Lorraine Daston hat 24 Jahre lang als Direktorin am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte geforscht, unter anderem über die Entwicklung von Wahrscheinlichkeit und Statistik, die Geschichte der Objektivität in der Forschung sowie die Entstehung wissenschaftlicher Fakten.

In Argentinien wiederum verloren Ökonomen und Statistiker ihren Arbeitsplatz, weil sie sich weigerten, offizielle Inflationsstatistiken zu frisieren, um den rosigen Wahlprognosen der Regierungspartei zu entsprechen, und sie riskierten Strafzahlungen, wenn sie darauf bestanden, exakte Daten in wissenschaftlichen Zeitschriften zu veröffentlichen. Für diese Wissenschaftler war die korrupte Regierung der erklärte Feind. In den Vereinigten Staaten sind die Meinungen geteilt, ob die akademische Freiheit am ehesten durch Moralismus und politische Korrektheit gefährdet ist (in diesem Fall wäre eine radikal-freiheitliche Argumentation die effektivste Abwehr), durch die demonstrative Ignoranz einer streitsüchtigen Regierung (am besten zu kontern mit einem öffentlichen Appell an die Bürger, wahrheitsgetreue Informationen über den Klimawandel und über Impfstoffe einzufordern) oder durch eine ausufernde Kommerzialisierung (einzuschränken durch eine Verschärfung universitärer Vorschriften und strengere fachliche Standards, insbesondere in der Biomedizin und der Informatik). Die akademische Freiheit besitzt die Eigenschaften eines Chamäleons, sie nimmt die Farbe ihrer Umgebung an.

FORSCHUNG IST FAST NIE UNABHÄNGIG

Drittens gibt es einen wesentlichen Unterschied zwischen Unabhängigkeit und Autonomie, der in den Debatten über die akademische Freiheit oft übersehen wird. Forschung, insbesondere, aber nicht ausschließlich in den modernen empirischen Wissenschaften, ist fast nie unabhängig. Wissenschaftler

sind (und bleiben) auf die Förderung von Religionsgemeinschaften, Regierungen, Universitäten, Industriepartnern und privaten Gönnern und vor allem auf die Unterstützung der Kultur im Allgemeinen angewiesen, damit sie forschen können – sei es in der Bibliothek, im Labor oder im Feld. Diese Unterstützung ist sowohl finanzieller als auch moralischer Art. Der finanzielle Teil ist offensichtlich, vor allem in Zeiten enorm teurer Messanlagen wie des Large Hadron Collider in Genf oder des European Southern Observatory in der chilenischen Wüste. Die moralische Unterstützung ist aber sogar noch wichtiger: Wenn eine Gesellschaft die freie erkenntnisgetriebene Forschung nicht als intrinsischen Wert anerkennt, werden ihre besten und klügsten Mitglieder kaum die Motivation haben, ihre Begabung und ihre Energie einer solch anspruchsvollen, unsicheren und vergleichsweise schlecht bezahlten Beschäftigung zu widmen. In diesem Sinne sind auch die wenigen Forscher abhängig, die ihre Arbeit aus dem eigenen Vermögen finanzieren.

Allerdings bedeutet diese Abhängigkeit nicht zwingend einen Mangel an Autonomie, in diesem Zusammenhang definiert als die Freiheit einer akademischen Gemeinschaft, über die Zugehörigkeit, die Governance und vor allem über die Qualität von Wissenschaft und Forschung zu entscheiden. Autonomie im Sinne von Selbstverwaltung kann sich auf den Einzelnen beziehen (zum Beispiel bei der Wahl seines Forschungsthemas), aber der Schwerpunkt liegt auf institutionellen Aspekten. Von der *libertas scholastica* der mittelalterlichen Universität bis zu der im Jahr 2004 vom Zusammenschluss der Uni-

ens und die
en Bekennt-
e Religions-
l darf gegen
ffe gezwun-
esetz.

(1) Jeder hat das Recht, seine Meinung in Wort, Schrift und Bild frei zu äußern und zu verbreiten und sich aus allgemein zugänglichen Quellen ungehindert zu unterrichten. Die Pressefreiheit und die Freiheit der Berichterstattung durch Rundfunk und Film werden gewährleistet. Eine Zensur findet nicht statt. (2) Diese Rechte finden ihre Schranken in den Vorschriften der allgemeinen Gesetze, den gesetzlichen Bestimmungen zum Schutze der Jugend und in dem Recht der persönlichen Ehre. (3) Kunst und Wissenschaft, Forschung und Lehre sind frei. Die Freiheit der Lehre entbindet nicht von der Treue zur Verfassung.

Frei, aber nicht uneingeschränkt: Artikel 5 des Grundgesetzes sichert die akademische Freiheit, verpflichtet aber die Wissenschaft auf die Verfassung und damit auch auf die Menschenwürde.

University of California veröffentlichten Erklärung „Academic Freedom and the Research University“ zieht sich das Ideal der wissenschaftlichen Autonomie als Selbstverwaltung – auch wenn es oft von den herrschenden Regimen verletzt wurde – wie ein roter Faden durch die lange und labyrinthische Geschichte der akademischen Freiheit.

Die modernen Ideale und die Praxis der akademischen Freiheit sind nach wie vor von Einschränkungen, Vielfalt und Autonomie geprägt, insbesondere global betrachtet. Dennoch haben bestimmte Konzepte, wie die akademische Freiheit artikuliert, umgesetzt und verteidigt wurde, einen weitreichenden und dauerhaften Einfluss ausgeübt, wohl keines mehr als das der deutschen Universität im 19. Jahrhundert. Das deutsche Modell hat zweifellos dadurch an Bedeutung gewonnen, dass in fast jeder geplanten und realisierten Version der deutschen Verfassung seit der Paulskirchenerklärung von 1849 bis heute eine gewisse Garantie für künstlerische und wissenschaftliche Freiheit

enthalten ist und sie im derzeit geltenden Grundgesetz (mit einer ausdrücklichen Einschränkung) in Artikel 5, Abschnitt 3 verankert ist: „Kunst und Wissenschaft, Forschung und Lehre sind frei. Die Freiheit entbindet nicht von der Treue zur Verfassung.“

STUDIERENDE KONNTEN EINFACH DIE UNI WECHSELN

Der Ruhm der deutschen Universitäten, der im späten 19. Jahrhundert Studenten aus vielen Ländern anzog, stärkte das Prestige des deutschen Modells akademischer Freiheit zudem so sehr, dass es ausländischen Absolventen aus Berlin, Leipzig, Heidelberg und anderswo möglich wurde, nach der Rückkehr in ihre Heimatländer für ähnliche Freiheiten zu kämpfen. So waren in dem Komitee der American Association of University Professors, das 1915 die erste Erklärung der Vereinigten Staaten zur akademischen Freiheit verfasste, fast die Hälfte der Mitglieder Absolventen deutscher Universitäten.

Da das deutsche Modell der akademischen Freiheit eng mit der Humboldt'schen Universität in Verbindung gebracht wird, insbesondere mit dem Anspruch, Lehre und Forschung zu verbinden, gelten Wilhelm von Humboldts Aussagen zur akademischen Freiheit oft als Kristallisationskern dieses Ideals, obwohl seine fragmentarischen Schriften zu diesem Thema erst lange nach seinem Tod veröffentlicht wurden und daher in der Praxis kaum eine Rolle spielten. Repräsentativer dafür, wie diese Ideale an deutschen Universitäten im späten 19. Jahrhundert tatsächlich verwirklicht wurden, ist Hermann von Helmholtz' Antrittsvorlesung als Rektor der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin aus dem Jahr 1877 mit dem Titel „Über die akademische Freiheit der deutschen Universitäten“.

Helmholtz, dessen weltweite Reputation als Physiologe und Physiker ihm die Autorität verlieh, für die gesamte deutsche Wissenschaft zu sprechen, skizzierte eine Vision, die sicherlich weit entfernt war von der *libertas scholastica*



Vergeblicher Protest: In Budapest versammelten sich im Februar 2019 Demonstranten, um gegen die geplante Umstrukturierung der Ungarischen Akademie der Wissenschaften zu protestieren. Inzwischen hat die Regierung die Kontrolle über die Akademie übernommen.

der mittelalterlichen Universitäten, die aber in wichtigen Punkten auch von den Auffassungen von akademischer Freiheit im späten 20. und frühen 21. Jahrhundert abweicht. Die *libertas scholastica* legte in erster Linie rechtliche Privilegien für die Angehörigen der Universität fest, sowohl für Studierende als auch für Lehrende: etwa das Recht, vor Sondergerichten zu prozessieren, akademische Auseinandersetzungen zu entscheiden, frei von einer Universität zur nächsten zu wechseln, an Sonn- und Feiertagen zu arbeiten und sogar laute Nachbarn zum Wegziehen zu zwingen, wenn sie Ruhe und Frieden eines Professors störten. Die heutige Auffassung von akademischer Freiheit konzentriert sich fast ausschließlich auf das Recht der Professoren, zu lehren und zu forschen, was immer sie (oder ihre jeweilige fachspezifische Community) für notwendig halten, um den Erkenntnisgewinn zu fördern, auch kontroverse Themen, und sie befasst sich selten mit den Rechten der Studierenden. Im Gegensatz dazu hat Helmholtz die Freiheit von Studenten und Dozenten in fast gleichem Maße bekräftigt: die Lern- ebenso wie die Lehrfreiheit.

Viele der heute an europäischen, nordamerikanischen und asiatischen Universitäten Studierenden, die mit immer strengeren und anspruchsvolleren

Vorgaben in den Lehrplänen konfrontiert sind, wären von Helmholtz' Verständnis der Lernfreiheit überrascht. Abgesehen von dem Fall, dass Studenten eine Karriere in einem bestimmten Bereich wie Recht oder Medizin anstreben und daher bestimmten Anforderungen genügen und offizielle Prüfungen ablegen mussten, war es den Hochschülern vollkommen freigestellt, die Vorlesungen zu besuchen, die ihnen zugesagt – oder auch überhaupt keine, wie Helmholtz erklärte: „Ja es bleibt den Studierenden die Möglichkeit offen, daneben einen beliebig grossen Theil ihrer Belehrung in Büchern zu suchen; es ist sogar höchst wünschenswerth, dass die Werke der grossen Männer vergangener Zeit einen wesentlichen Theil des Studium ausmachen.“

MEHR FREIHEIT ALS DIE PARLAMETARIER

Darüber hinaus durften die Studenten frei zwischen allen deutschsprachigen Universitäten wechseln. Das war zugegebenermaßen eine Einschränkung, verglichen mit den lateinisch gebildeten Studenten im Mittelalter, die, wenn sie wollten, von Paris nach Bologna, Oxford und Prag reisen konnten, ermöglichte aber im Vergleich zu den heutigen Bestimmungen immer noch

eine enorme Mobilität. Zum Erstaunen der ausländischen Besucher, die sich nicht vorstellen konnten, wie man „junge Männer sich selbst überlassen konnte, ohne den größten Schaden anzurichten“ – wie Helmholtz anmerkt –, stand es den Studenten auch frei, sich außerhalb der Universität zu benehmen, wie sie wollten, abgesehen von eindeutigen kriminellen Aktivitäten.

Es war dieses Training in Selbstverantwortlichkeit, das Helmholtz als einen der größten Erträge der Universität für die Gesellschaft hervorhob, die diese Gepflogenheit unterstützte: Studenten, die eine solche Charakterprüfung bestanden hatten, würden in der Lage sein, selbst zu denken. Dieser Aspekt des deutschen Modells der akademischen Freiheit war auch der schwierigste, wenn es um den Export insbesondere in englischsprachige Länder ging, in denen entweder ein College-Modell studentischen Lebens vorherrschte (Großbritannien) oder moralischer und religiöser Unterricht zum Selbstverständnis gehörte ebenso wie die Doktrin *in loco parentis*, also eine Stellvertreterrolle der Universität für die Eltern (USA).

Helmholtz' Vorstellung von der Freiheit der Lehre hingegen liest sich vertrauter. Trotz ihrer Bezeichnung war die Freiheit der Lehre bereits zur Freiheit der Forschung geworden. Die Auswahl der Hochschullehrer sollte sich vor allem an deren Fähigkeit orientieren, die Wissenschaft in ihren Fachgebieten voranzutreiben, und nicht an ihrer pädagogischen Begabung (ein weiterer Aspekt der deutschen Universität, der ausländische Besucher in Erstaunen versetzte). Im Gegensatz zu der begrenzten politischen Freiheit, die selbst für Parlamentarier damals galt, kannte die Freiheit des deutschen Professors keine Grenzen. Er konnte auch die extremsten Formen des Materialismus oder der darwinistischen Evoluti-

ZUM WEITERLESEN

- Rüdiger vom Bruch, „Wissenschaftsfreiheit in Deutschland im 19. und 20. Jahrhundert“, in: **Wissenschaftsfreiheit in Vergangenheit und Gegenwart**, Rainer Albert Müller und Rainer Christoph Schwinges (Hrsg.). Basel 2008
- Peter Classen, **Studium und Gesellschaft im Mittelalter**. Stuttgart 1983
- Hermann von Helmholtz, **Über die akademische Freiheit der deutschen Universitäten**. Rede beim Antritt des Rectorats an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin am 15. Oktober 1877. Berlin 1878
- Richard Hofstadter und Walter P. Metzger, **The Development of Academic Freedom in the United States**. New York 1955

onstheorie oder die kompromissloseste Rechtfertigung der päpstlichen Unfehlbarkeit erörtern – solange er eine kontroverse wissenschaftliche Frage auf wissenschaftliche Weise behandelte.

Helmholtz räumte ein, dass solche unbegrenzten Meinungsverschiedenheiten zwischen den Professoren zu einer Spaltung innerhalb der Fakultäten führen könnten, dachte aber, dass das letztendlich dazu führen würde, mehr und nicht weniger Studenten anzuziehen. Auf jeden Fall galt ihm ein gewisses Maß an internem Streit unter den Professoren als gesundes Korrektiv zu dogmatischen Tendenzen und zu wissenschaftlicher Sektiererei. Was Helmholtz nicht versprach, war eine dauerhafte Annäherung wissenschaftlicher Ansichten an eine einzige Wahrheit, geschweige denn an eine nützliche Wahrheit. Seine Verteidigung der akademischen Freiheit als „freie Überzeugung“ des Professors und nicht als dogmatische Loyalität hatte einen unverkennbaren protestantischen Anklang: „In ihrem innersten Herzen haben sie [unsre Altvorderen] das Vertrauen nicht fallen lassen, dass die Freiheit allein die Missgriffe der Freiheit und das reifere Wissen die Irrthümer des unreiferen [be]heben könne. Derselbe Sinn, welcher das Joch der römischen Kirche abwarf, hat auch die deutschen Universitäten organisirt.“

Bei aller Inspiration durch das deutsche Modell akademischer Freiheit wurden beim Import in andere Länder die jeweiligen Varianten immer an die lokalen Gegebenheiten angepasst. Cambridge und Oxford, die Johns Hopkins University und die University of Chicago – sie alle haben das Hauptseminar und den Dokortitel als Qualifikation für unabhängige wissenschaftliche Leistung übernommen, aber nie den moralischen Auftrag, das College-Leben oder die *In-loco-parentis*-Verantwortlichkeit ganz aufzugeben, zumindest nicht im Grundstudium. Frank-

reich gelang es, viele der deutschen Innovationen auf sein eigenes spezifisches System von Universitäten und Grandes Écoles zu übertragen, indem es einfach einige weitere hinzufügte (beispielsweise die École pratique des hautes études), um neue Forschungsanforderungen einzubeziehen.

DIE KOMMERZIALISIERUNG ÄNDERT DAS IDEAL ERNEUT

Noch bedeutsamer ist, dass sich jedes lokale Ideal der akademischen Freiheit gegen einen anderen Widersacher richtete: in der französischen Troisième République gegen die strenge katholische Lehre; im Gilded Age Ende des 19. Jahrhunderts in den USA gegen die Millionärskapitalisten, die in den Gremien privater Universitäten saßen, und gegen die Gesetzgebung der Bundesstaaten, die mit scharfem Blick die Haushalte der öffentlichen Universitäten überwachten. In Ländern, die eine Garantie der akademischen Freiheit in ihre Gesetze oder Verfassungen aufnahmen, haben Juristen und Richter das Ideal in der Praxis weiter modifiziert und seine Grenzen klarer gezogen. Es ist daher nicht verwunderlich, dass diese verschiedenen Varianten der akademischen Freiheit mit einer Vielzahl von Argumenten verteidigt werden, die von Nützlichkeitserwägungen (auf lange Sicht erzeugt die akademische Frei-

heit einen nutzbaren Gegenwert für die Gesellschaft, sei es in Form gut informierter Bürger, lebensrettender wissenschaftlicher Durchbrüche oder lukrativer Technologien) bis hin zu ethischen Begründungen reichen (die akademische Freiheit fördert „die Kultur der Unabhängigkeit, die wir brauchen, um unser Leben so zu führen, wie wir sollten“ – so der US-amerikanische Rechtsphilosoph Ronald Dworkin).

Bei der deutlich zunehmenden staatlichen Regulierung, der Kommerzialisierung und der großen Zahl der Forscher weltweit gibt es allen Grund zur Annahme, dass die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts neue Varianten und Argumente für die akademische Freiheit sowie neue, dem Zeitgeist entsprechende Einschränkungen mit sich bringen werden. Der unfertige, adaptive und suchende Charakter der akademischen Freiheit steht in Einklang mit dem, was Wilhelm von Humboldt auch als grundlegenden Wert der wissenschaftlichen Forschung für fortschrittliche Gesellschaften ansah: „[B]ei der inneren Organisation der höheren wissenschaftlichen Anstalten [beruht] Alles darauf [...], das Princip zu erhalten, die Wissenschaft als etwas noch nicht ganz Gefundenes und nie ganz Aufzufindendes zu betrachten, und unablässig sie als solche zu suchen.“

 www.mpg.de/podcasts/freiheit

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Der akademischen Freiheit sind immer Grenzen gesetzt etwa durch religiöse oder rechtliche Grundsätze. Aktuell wird sie weltweit aber auch durch religiösen Extremismus, neue Ideologien, Ignoranz und Kommerzialisierung eingeschränkt.
- Wissenschaft braucht zudem die finanzielle Unterstützung und den moralischen Rückhalt von Staat und Gesellschaft.
- Das deutsche Modell akademischer Freiheit, das im 19. Jahrhundert von Wilhelm von Humboldt geprägt wurde, verbreitete sich in zahlreichen Ländern, wenn auch in abgewandelter Form.

Freiheit ist unser System.

Gemeinsam für die
Wissenschaft.
70 Jahre Grundgesetz.

WISSENSCHAFTS

FREIHEIT.DE

Eine Initiative der Allianz der Wissenschaftsorganisationen



Informationen zur Kampagne und zu den Veranstaltungen
finden Sie unter www.wissenschaftsfreiheit.de



Nadelstiche gegen Justitia

Seit 70 Jahren garantiert das Grundgesetz die Unabhängigkeit der Richter. Diese sind in ihren Entscheidungen „nur dem Gesetze unterworfen“. Doch gibt es nicht auch andere Einflüsse? Die Rechtswissenschaftler **Konrad Duden** vom **Max-Planck-Institut für ausländisches und internationales Privatrecht** in Hamburg und **Jasper Kunstreich** vom **Max-Planck-Institut für europäische Rechtsgeschichte** in Frankfurt am Main sind der Frage nachgegangen und haben erstaunliche Antworten gefunden.

TEXT **MICHAELA HUTTERER**

Zu jeder Geburtstagsfeier gehört die Frage nach dem Befinden des Jubilars. Das ist auch beim Grundgesetz so, das seit 70 Jahren neben den Grundrechten des Einzelnen auch eine unabhängige Justiz garantiert. Doch wie steht es um Justitia in Zeiten, da autokratische Tendenzen in Europa zunehmen, politische Übergriffe auf den Rechtsstaat sich häufen und der Respekt vor staatlichen Institutionen wie auch der Justiz zu sinken scheint?

In manchen Ländern der Europäischen Union ist der Rechtsstaat bereits unter Beschuss geraten. So sehr, dass die EU-Kommission nun einen jährlichen Rechtsstaatlichkeits-Check einführen will – für alle Unionsmitglieder, damit diejenigen, die sich bereits am weitesten von der verpflichtenden Maxime einer freien und unabhängigen Justiz entfernt haben, nicht allein im Fokus stehen.

Am auffälligsten ist die Entwicklung in Polen. In nicht einmal vier Jahren hat die regierende PiS-Partei, die sich „Recht und Gerechtigkeit“ nennt, dank ihrer Mehrheit im Parlament das Rechtswesen so umgeformt, dass sie nahezu

freien Zugriff auf Gerichte und Staatsanwaltschaft hat. „Die polnische Erfahrung reiht sich in eine Liste von Ländern, die sich mit unterschiedlicher Geschwindigkeit von den Konzepten der Gewaltenteilung und richterlichen Unabhängigkeit entfernen“, beobachten die Rechtswissenschaftler Konrad Duden vom Max-Planck-Institut für ausländisches und internationales Privatrecht in Hamburg und Jasper Kunstreich vom Max-Planck-Institut für europäische Rechtsgeschichte in Frankfurt. Gemeinsam gingen sie daran, die Hintergründe zu erforschen. Wie steht es um die Unabhängigkeit der Richter? Wie politisch ist die Justiz, wie frei der Gesetzgeber?

„Wir suchten einen breiten Diskurs, eine Diskussion in und mit der Öffentlichkeit“, erklären die Wissenschaftler. Gemeinsam mit der Politologin Astrid Séville von der Ludwig-Maximilians-Universität München luden sie zum Symposium nach Mainz. An die Akademie der Wissenschaften und der Literatur kamen Verfassungsrichter, Politikwissenschaftlerinnen, Verfassungsrechtler, Rechtshistorikerinnen, Politiker und Medienver-

treterinnen und gingen vor und mit 150 Gästen der Frage nach: Wie viel Verrechtlichung der Politik, wie viel Politisierung der Justiz verträgt und braucht ein gewaltenteiliger Rechtsstaat? Ihr Fazit: Die Errungenschaften des Rechtsstaats sind keineswegs selbstverständlich und müssen in Zeiten populistischer Propaganda und neu entstehender autokratischer Systeme stets aufs Neue verteidigt werden.

AUTORITÄRE REGIMES SEHEN RICHTER ALS KONTRAHENTEN

Rechtsstaaten sterben selten laut, krachend, mit Putsch und Krawall. Sie erodieren – schleichend, leise, vielfach unbemerkt. Die Demontage des Rechts erfolgt mit den Mitteln des Rechts. „Es sind punktuelle Verordnungen, Anweisungen oder harmlos anmutende Vorschriften in neuen Gesetzen“, erklärt Konrad Duden: „Viele kleine Nadelstiche statt eines brutalen Axthiebs – die Folgen sind vergleichbar.“

Warum? „Autokratisch orientierte Regierungen folgen einem bekannten Skript, das ihnen Macht sichern soll,



Kritisch hinterfragt: Jasper Kunstreich vom Max-Planck-Institut für europäische Rechtsgeschichte (links) und Konrad Duden vom Max-Planck-Institut für ausländisches und internationales Privatrecht haben das schwierige Verhältnis von Justiz und Politik aufgegriffen und dazu ein Symposium an der Akademie der Wissenschaften und der Literatur Mainz organisiert.

ohne zu viel dramatisches Aufsehen zu erregen“, weiß Rechtshistoriker Jasper Kunstreich. Dazu gehören die Förderung von Ressentiments in der Gesellschaft, das Einschwören auf einen gemeinsamen „Volkswillen“ und der Alleinvertretungsanspruch bis hin zur Gleichschaltung der Gewalten. Gegenspieler wie Justiz, Presse, Kunst und auch Wissenschaft werden sukzessive ausgeschaltet.

RESSOURCEN DIENEN DER POLITIK ALS EINFALLSTOR

Ein erstes Ziel sind oft die Verfassungsgerichte: gezielte Diskreditierung der Richter, Schwächung ihrer Autorität, Anzweifelung von Entscheidungen, Entzug der Ressourcen, verweigerte Nachbesetzungen, Eingriffe in die Gerichtsverwaltung und Entscheidungsfindung, Umbesetzungen bis hin zur schlichten Nichtbeachtung von Entscheidungen.

Vieles davon zeigt sich etwa in Polen. Gewählte Verfassungsrichter wurden nicht ernannt, Wahlbeschlüsse revidiert und das Wahlverfahren verändert. „Verfassungsgerichte haben keine Streitmacht und keine Gerichtsvollzieher – sie haben nur die Kraft ihrer Worte“, erklärt Konrad Duden. Und in Polen dringen sie nicht einmal mehr nach außen: Nicht die Verfassungsrichter bestimmen, welche Entscheidungen das Gericht veröffentlichen darf, sondern die Regierung. Seit seiner Umbesetzung hat das Gericht nicht mehr zulasten der Regierung entschieden.

Dass hierzulande Richter und Richterinnen „unabhängig und nur dem Gesetze unterworfen“ sind, regelt Artikel 97 des Grundgesetzes – nun seit 70 Jahren.

» Verfassungsgerichte haben keine Streitmacht und keine Gerichtsvollzieher – sie haben nur die Kraft ihrer Worte.

Den Vätern und Müttern des Grundgesetzes war von Anfang an klar, dass eine unabhängige Justiz für den Aufbau eines neuen, demokratischen Deutschlands unerlässlich ist. Zu offensichtlich waren die Ohnmacht oder der Schulterchluss der Justiz mit dem Regime im nationalsozialistischen Deutschland gewesen, zu verheerend die Folgen. Gleich mehrmals schrieben sie daher die Aufgabenteilung zwischen der Justiz, der Exekutive (Regierung, Ministerien, Verwaltung) und der Legislative (Bundestag) in das Grundgesetz. Die Idee: Keiner herrscht allein, die Staatsgewalt ist aufgeteilt, und die Gewalten kontrollieren sich gegenseitig. Das Bundesverfassungsgericht stoppt den Bundeskanzler oder den Bundestag, wenn deren Vorhaben gegen das Grundgesetz verstößt.

Übergriffe der Politik auf die Justiz wie in Polen oder in der Türkei zeigen sich hierzulande nicht. Aber: Gibt es bereits erste Nadelstiche? Kleine Vorkommnisse, Initiativen oder gar Alltäglichkeiten, die dem Leitbild des Grundgesetzes zuwiderlaufen?

Klar ist, Weisungen sind tabu. Kein Gerichtspräsident, kein Justizminister darf Richtern vorschreiben, wie sie zu entscheiden haben. Die Stiche setzen woanders an. Das Arbeitspensum, die Karriereaussichten und das Ansehen sind nur drei von vielen Bereichen, in denen politischer Druck spürbar wird. Richterwahl, Ressourcen und Reputation sind deutliche Einfallstore.

Bei der Wahl der obersten Richter ist der Einfluss offensichtlich. „Diese Entscheidung ist eine fachliche und eine politische“, erklärt Konrad Duden. Nicht Richter oder Gerichtshöfe wählen hier-

zulande die Kollegen an den höchsten deutschen Gerichten aus, sondern Abgeordnete und Minister. Sie bestimmen, wer die Leitlinien der deutschen Rechtsprechung setzen darf.

„Bei Bundesrichtern entscheidet der zuständige Bundesminister zusammen mit einem 32-köpfigen Gremium, das aus den entsprechenden Landesministern und 16 Bundestagsabgeordneten besteht“, erklärt Duden. „Die Auswahl orientiert sich an der Bestenauslese nach Eignung, Leistung und Befähigung, aber sie richtet sich auch nach dem Länderproporz und nach Absprachen unter den großen Parteien.“

Konkret bedeutet das: Ohne Kontakte zu Union und SPD wird kaum ein Kandidat Aussicht auf die rote Richterrobe in Kassel, München oder Leipzig haben. Die Wahl des Richters selbst ist nicht öffentlich, geheim und erfolgt mit einfacher Mehrheit. Mehr Transparenz würde dem Verfahren durchaus guttun, meinen Rechtsexperten. „Anforderungsprofil und Auswahlkriterien sind nicht klar. Die Stellen werden nicht ausgeschrieben“, weiß Jasper Kunstreich.

Politische Erwägungen spielen auch bei der Wahl zum Richter am Bundesverfassungsgericht eine Rolle. Scheidet

Bewusst gesetzt: Die Unabhängigkeit der Justiz war den Vätern und Müttern des Grundgesetzes ein wichtiges Anliegen. Sie verankerten die richterliche Freiheit und den Schutz der Richter vor willkürlicher Entlassung in Artikel 97 der Verfassung – hier eine Ausgabe aus dem Jahr 1953.

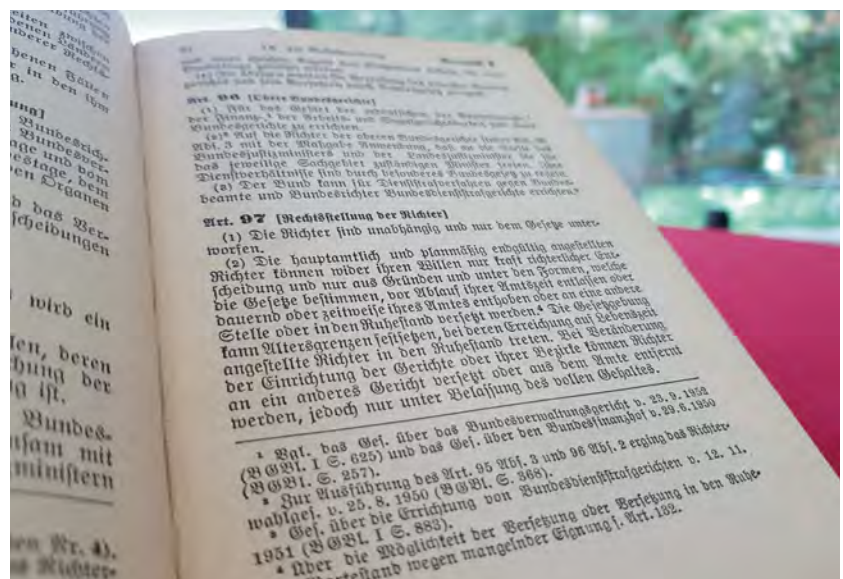
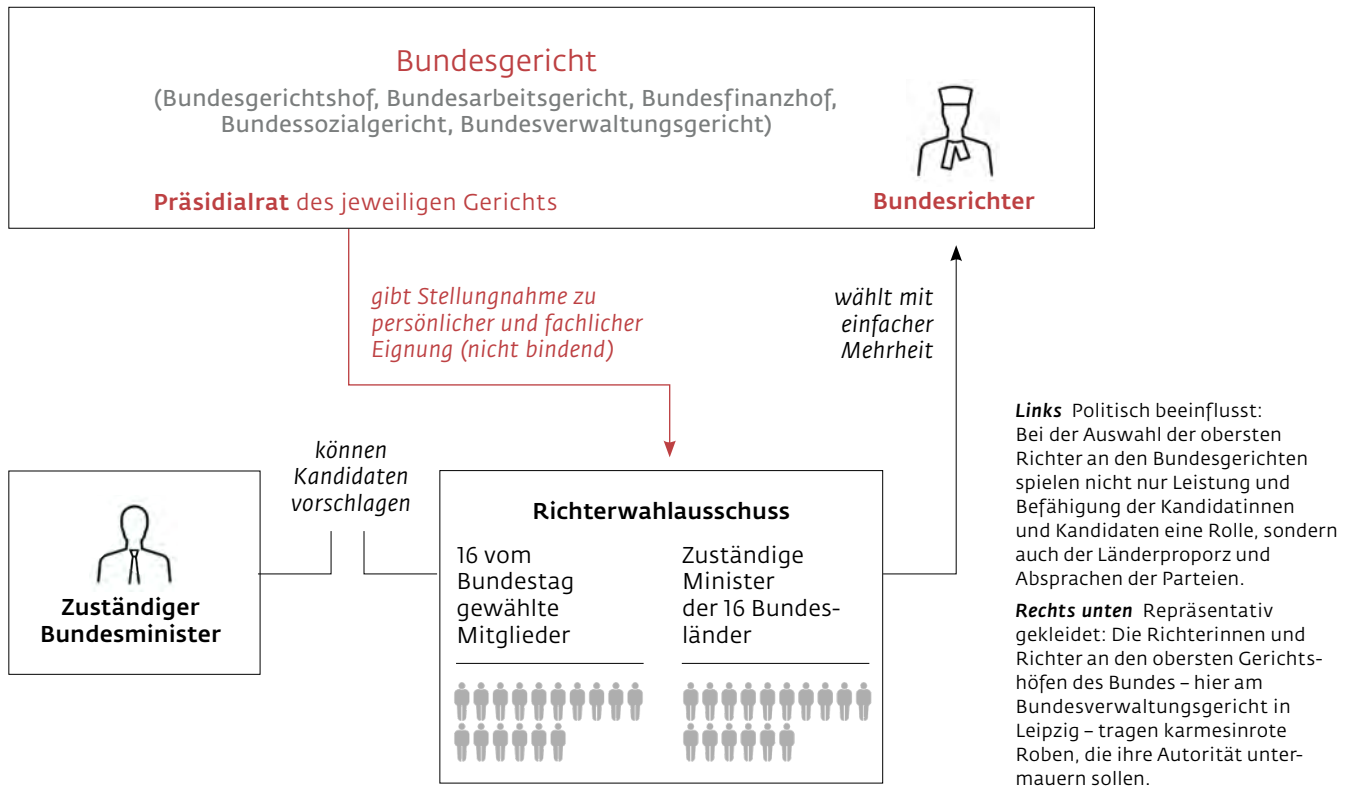


Foto: Michaela Hutterer

Wahl der Bundesrichter



eine Richterin, ein Richter nach zwölf Jahren Amtszeit oder durch Ruhestand aus, bestimmen Bundestag oder Bundesrat einen Kandidaten mit Zweidrittelmehrheit. Gewählt werden meistens Bundesrichter oder Professorinnen, gelegentlich auch aktive Politiker. „Die Auswahl der Kandidatinnen und Kandidaten ist auch hier Gegenstand politischer Absprachen“, sagt Konrad Duden.

Die hohe Hürde der Zweidrittelmehrheit setzt dabei voraus, dass es einen breiten Konsens über die Kandidaten gibt. „Eine öffentliche Anhörung – wie etwa in den USA – gibt es hierzulande bewusst nicht“, erklärt Duden und erinnert an die politisierten Anhörungsverfahren in den USA bei der Wahl zum Supreme Court. „Die Transparenz sollte keineswegs auf Kosten der Sachlichkeit gehen.“

Abhängig sind Gerichte aber nicht nur bei der Wahl der Richterinnen und Richter, sondern auch von ihren Ressourcen. Bund und Länder stellen in ih-

ren Haushalten die Mittel bereit, sodass letztlich die Exekutive entscheidet, wie gut die Gerichte ausgestattet sind – vom PC über die Mitarbeiter bis zum Wachdienst. Laut einer aktuellen Umfrage des Instituts für Demoskopie Allensbach unter 988 Richtern und Staatsanwältinnen beklagten die Befragten vor allem eine unzureichende personelle wie technische Ausstattung. Die Mehrheit sieht über die letzten Jahre eine Verschlechterung der Rahmenbedingungen. Doch zugleich wächst in der Bevölkerung die Kritik an zu langen Verfahrensdauern und an der Überlastung der Gerichte, wie eine weitere Umfrage zeigt.

BEHÖRDEN HALTEN SICH EINFACH NICHT AN URTEILE

Vor diesem Hintergrund haben Bund und Länder im Januar 2019 den „Pakt für den Rechtsstaat“ geschlossen. Gemeinsam wollen sie bis 2021 bundesweit 2000 neue Stellen für Richter,

Staatsanwältinnen und Mitarbeiter schaffen, darunter auch zwei neue Senate für den Bundesgerichtshof. Für Insider viel zu wenig.

Die Politik beeinflusst die Gerichte aber auch noch auf andere Weise – und diese Weise wirkt tief greifend: Man ignoriert sie. Beispiel Dieselfahrverbote: Baden-Württemberg ließ ein Urteil seines Verwaltungsgerichtshofs ins Leere laufen und kassierte ein Zwangsgeld, weil das Land keine Dieselfahrverbote für Euro-5-Motoren im Luftreinhalteplan festlegte. Bayern weigerte sich sogar, nur ein Konzept für „verhältnismäßige“ Dieselfahrverbote in München zu erarbeiten.

„Wenn die Behörden einfach nicht tun, was ein Gericht anordnet, sabotiert die zweite Gewalt die dritte“, kommentiert der Journalist und Jurist Heribert Prantl in der SÜDDEUTSCHEN ZEITUNG und verweist auf den Fall des Islamisten Sami A. aus Nordrhein-Westfalen, der im vergangenen Jahr nach Tunesien ab-

geschoben wurde, obwohl die Verwaltungsrichter in Gelsenkirchen dies wegen formaler Fehler untersagt und die Rückführung angeordnet hatten. Das nordrhein-westfälische Oberverwaltungsgericht bestätigte diese Entscheidung, was der zuständige Innenminister Herbert Reul (CDU) gegenüber der Presse deutlich kritisierte: „Die Unabhängigkeit von Gerichten ist ein hohes Gut. Aber Richter sollten immer auch im Blick haben, dass ihre Entscheidungen dem Rechtsempfinden der Bevölkerung entsprechen.“

Für Jasper Kunstreich extrem brisant: „Richter sind an Recht und Gesetz gebunden, nicht an die Wünsche und Gefühle des Volkes.“ Werden umstrittene Urteile mit Verweis auf ein diffuses Rechtsempfinden der Bevölke-

rung kritisiert, zerstört dies sukzessive die Autorität der Gerichte.

Geringschätzen, Abwerten oder Ignorieren: Die Diffamierung von Richtern zielt – bewusst oder unbewusst – in das Machtzentrum der Justiz: das Vertrauen der Bevölkerung in eine effektive und unabhängige Gerichtsbarkeit. Dieses ist in Deutschland unverändert hoch. Kaum einer staatlichen Institution bringen die Deutschen so viel Vertrauen entgegen wie dem Bundesverfassungsgericht. Selbst umstrittene Entscheidungen haben daran nichts geändert, wie Studien des Politikwissenschaftlers Hans Vorländer zeigen – weder 1975, als der Beschluss zum Schwangerschaftsabbruch für Aufruhr sorgte, noch 1995, als das Gericht die bayrische Kreuzfixpflicht für Schulgebäude kippte. Laut Vorländer

besitzt das Verfassungsgericht sogar einen Vertrauensvorsprung vor anderen politischen Institutionen wie der Gesetzgebung, der Exekutive oder den politischen Parteien.

PERSÖNLICHE ANGRIFFE AUF RICHTER NEHMEN ZU

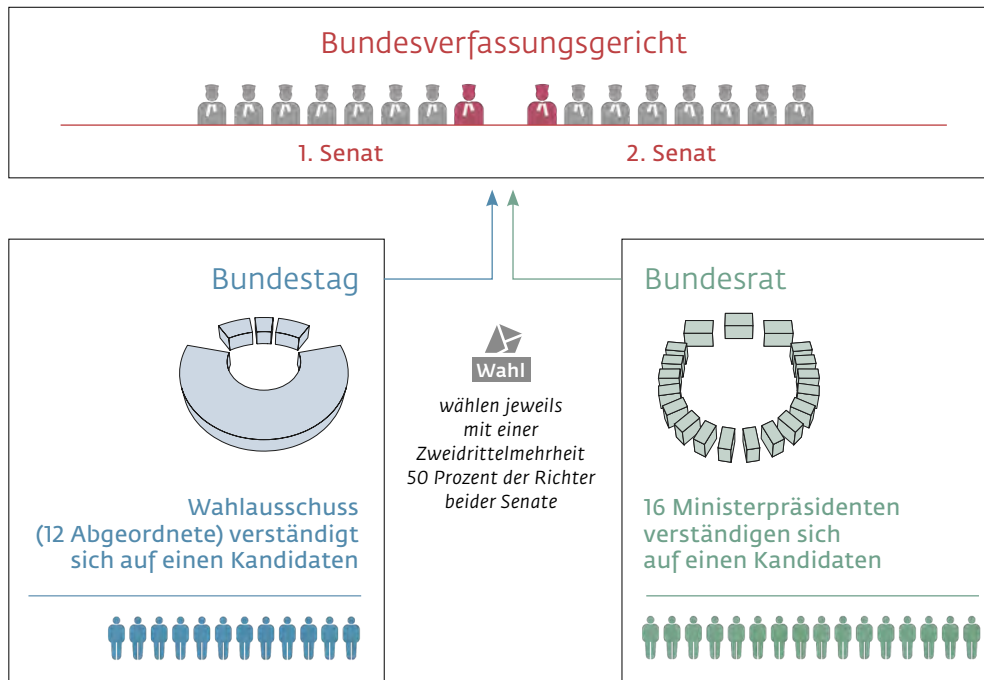
Doch die Autorität des Gerichts gerät zunehmend unter Beschuss. Verfassungsrichterin Susanne Baer zeigte sich beim Mainzer Symposium „beunruhigt ob der Personalisierung, Skandalisierung, Diffamierung der Justiz und der Ressentiment-Aktivierung, die sich gegen die Richterinnen und Richter richtet“. Ob in Diskussionen, im Netz, in den Medien oder im Parlament: Die persönlichen Angriffe auf Richter nehmen zu. >

» Wenn Politiker umstrittene Urteile mit Verweis auf ein diffuses Rechtsempfinden der Bevölkerung kritisieren, zerstören sie sukzessive die Autorität der Gerichte.



Foto: picture alliance/an Woitas/dpa-Zentralbild/dpa

Wahl der Verfassungsrichter



Im Konsens bestimmt: Bundesverfassungsrichter müssen mit Zweidrittelmehrheit gewählt werden. Nach zwölf Jahren endet ihre Amtszeit, eine Wiederwahl ist nicht möglich.

Als prominentes Beispiel für Richterschelte dient US-Präsident Donald Trump. Als ein US-Bundesgericht eine Regierungsmaßnahme als rechtswidrig einstufte, diffamierte Trump die Richter auf Twitter als „Obama-Judges“. Grund genug für den Vorsitzenden des Supreme Court, sich zum ersten Mal gegenüber der Presse zu äußern: „Wir haben keine Obama-Richter oder Trump-Richter, Bush-Richter oder Clinton-Richter. Wir haben eine herausragende Gruppe engagierter Richter, die ihr Bestes tun und jeden vor Gericht nach den gleichen Maßstäben des Rechts behandeln.“

LANGWEILIGE VORSCHRIFTEN KÖNNEN ES IN SICH HABEN

Auch Italiens Innenminister Matteo Salvini (Lega) ist nicht zimperlich, wenn es um die Beurteilung von Gerichtsentscheiden geht. Der Haftrichterin, welche die deutsche „Sea-Watch“-Kapitänin Carola Rackete aus der Haft entließ, entgegnete er in den Medien, ihr Urteil sei kein Ausdruck richterli-

cher Unabhängigkeit, sondern „Wahnsinn“, und riet, sie möge „die Richterrobe ablegen und sich für die Linke um ein politisches Amt bewerben“.

Zweifel säen, Argwohn fördern und mit kleinen, oft unbemerkten Verwaltungsvorschriften Misstrauen wecken: Darauf verstehen sich autokratisch interessierte Parteien durchaus auch hierzulande. Doch diese „langweiligen“ Vorschriften haben es in sich: So brachte die AfD im Dezember eine Beschlussvorlage in den Bundestag ein, wonach das Bundesverfassungsgericht jede Nichtannahme einer Verfassungsbeschwerde begründen muss. Bislang steht es im Ermessen des Gerichts, ob es die Nichtannahme begründet. Mit knapp 6000 Eingängen pro Jahr ist das Gericht mehr als ausgelastet, die Erfolgsquote einer Beschwerde ist gering, meist unter drei Prozent. Was viele nicht wissen: „Über jede Beschwerde entscheidet ein mindestens dreiköpfiges Richterergremium“, erklärt Rechtswissenschaftler Konrad Duden, der selbst als Referendar am Verfassungsgericht tätig war. „Eine umfassende

Begründungspflicht mag zwar zunächst sinnvoll klingen, sie würde das Gericht jedoch an seine Belastungsgrenze führen und seine Funktionsfähigkeit gefährden.“

Bleibt die Frage: Schützt denn das Grundgesetz den Rechtsstaat nicht selbst vor Übergriffen? Duden und Kunstreich sind sich einig: „Nicht genug! Eine Ergänzung des Grundgesetzes wäre sinnvoll. Bisher sind entscheidende Eckpfeiler für die Besetzung des Verfassungsgerichts dort nicht verankert. Die Richterzahl, die erforderliche Zweidrittelmehrheit für die Wahl oder aber die Amtsdauer ließen sich bei veränderten Mehrheitsverhältnissen im Bundestag qua Gesetz sehr leicht ändern.“ Wie schnell das gehen kann, zeigt nicht nur Polen, sondern auch das Beispiel USA. Dort hatten die Demokraten im Jahr 2015 für die Wahl von Bundesrichtern die Notwendigkeit einer 60-Prozent-Mehrheit zugunsten einer einfachen Mehrheit abgeschafft. Zwei Jahre später kippte die republikanische Senatsmehrheit diese höhere Hürde auch für den Supreme Court.

» Das Parlament untergräbt seine Autorität, wenn es sich kontroverser Themen nicht annimmt, sondern nur als Ausführungsorgan richterlicher Entscheidungen agiert.

Einfallstore für politische Justiz gibt es auch hierzulande, aber überschreitet die Justiz nicht selbst mitunter ihre Grenzen? Im Zentrum der Kritik steht vor allem das Bundesverfassungsgericht, das allein zur Auslegung des Grundgesetzes befugt ist. „Immer wieder wird ihm und dem Europäischen Gerichtshof vorgeworfen, sie überschritten die Grenzen zwischen Politik und Recht und mischten sich in politische Grundsatzfragen ein“, berichtet Jasper Kunstreich. Kein Wunder: „Fast alle wichtigen politischen Fragen der bundesrepublikanischen Geschichte landeten in der einen oder anderen Form auf dem Tisch der Verfassungsrichter: von der Aufarbeitung des Dritten Reichs über den RAF-Terror bis hin zur Gleichstellung homosexueller Paare“, ergänzt Konrad Duden.

POLITISCHE MEHRHEITEN ZU FINDEN, WIRD SCHWERER

Laut Verfassungsrechtler Oliver Lepsius werden Einzelfallentscheidungen des Verfassungsgerichts zu einem Teil der Rechtssetzung. Das Gericht stellt Maßstäbe auf, die in der Normenhierarchie zwischen Grundgesetz und Gesetz stehen. Diese Maßstäbe sind der Legislative jedoch entzogen und deshalb kaum veränderbar.

Leidet in Deutschland also der politische Prozess, weil Fragestellungen der politischen Diskussion oder Korrektur durch den Gesetzgeber entzogen werden? „Politische Anliegen über den Weg zum Bundesverfassungsgericht durchzusetzen, scheint inzwischen ein fast integraler Bestandteil des hiesigen Systems zu sein“, erkennen die Wissenschaftler Duden und Kunstreich.

70 Jahre nach Einführung des Grundgesetzes zeigt sich, wie schwierig die Arbeit des Gesetzgebers mittlerweile ist. „Es gibt allenthalben Probleme, politische Mehrheiten zu finden, die Konsensfindung wird schwieriger“, beobachtet Jasper Kunstreich. Das Parteiensystem werde zersplitterter, Parteien nähmen sich zusehends als Minderheiten wahr und blockierten Entscheidungen. Gerichte füllten diese Lücke mit ihrer integrativen Kraft und ihrer Fähigkeit, die Debatte zu versachlichen. „Sie erledigen ein Stück weit parlamentarische Arbeit und entlasten die Politik“, so Kunstreich.

Vor allem dann, wenn es um brisante Themen geht, die die Stammwählerschaft vergraulen könnten. „Parteien scheinen manchmal froh zu sein, wenn sich das Verfassungsgericht der Themen annimmt, die in der Gesellschaft hoch umstritten sind“, ergänzt Duden. „Nehmen Sie die schrittweise Gleichberechtigung homosexueller Paare. Der Bundesregierung kam es dabei zu pass, dass sie mit nur punktuellen Änderungen den Reformdruck abfedern und gleichzeitig darauf verweisen konnte, dass nicht man selbst, sondern ‚Karlsruhe‘ das so wolle.“

Doch schadet sich die Politik damit nicht selbst? „Das Parlament untergräbt seine eigene Autorität, wenn es sich kontroverser Themen nicht annimmt, sondern sich nur als Ausführungsorgan richterlicher Entscheidungen geriert“, bestätigt Kunstreich. „Gerichte drohen dann zum Buhmann in Diskursen zu werden, die eigentlich im Parlament zu führen sind.“ Und nicht nur dort. „Auch die Medien als vierte Gewalt, die Kulturschaffenden und die Wissenschaft sind berufen, Themen aufzugreifen und durch Kontext und Details das Wissen der Gesellschaft zu erweitern.“

Das gilt letztlich für die gesamte Gesellschaft, für uns alle. Wer eine unabhängige Justiz, einen funktionierenden Rechtsstaat will, darf auch im Jahr 71 nach Einführung des Grundgesetzes nicht müde werden, sich kundig zu machen und für diese Errungenschaften einzutreten – im Gespräch, auf der Straße und gerade auch an den Orten politischer Diskussion, die für die Verfasser des Grundgesetzes nicht vorstellbar waren: im Internet oder in sozialen Kanälen. ◀

 www.mpg.de/podcasts/freiheit

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Wenn autokratisch orientierte Regierungen den Rechtsstaat untergraben, beginnen sie oft beim Verfassungsgericht: Sie diskreditieren Richter, ignorieren Entscheidungen, kürzen Ressourcen und besetzen Stellen mit Gefolgsleuten.
- Auch in Deutschland übt die Politik Einfluss auf die Justiz aus, vor allem durch die finanzielle Ausstattung der Gerichte und die Wahl von Bundes- und Verfassungsrichterinnen und -richtern.
- In letzter Zeit häufen sich Beispiele, dass die Exekutive Urteile ignoriert oder Gerichtsentscheidungen diskreditiert.
- Andererseits schieben die regierenden Parteien dem Verfassungsgericht oft eine politische Rolle zu, wenn sie dort kontroverse Themen entscheiden lassen.

Fremdbestimmte Freiheit

30 Jahre nach dem Fall des Eisernen Vorhangs ist die Trennung zwischen Ost und West nicht beendet. Eher im Gegenteil: Gerade in politischen Fragen sind die Differenzen in letzter Zeit gewachsen zwischen dem ehemals sozialistischen Osten und dem früher wie heute kapitalistischen Westen. Vor Ort in Ungarn und Ostdeutschland erforschen **Chris Hann** und seine Mitarbeiterinnen vom **Max-Planck-Institut für ethnologische Forschung** in Halle die Gründe dafür.

TEXT JEANNETTE GODDAR

Wer Elisabeth Köditz bei ihrer Feldforschung besucht, nimmt in Gera die Tramlinie 3, die den Plattenbaubezirk Bieblach-Ost im Nordosten mit dem Plattenbaubezirk Lusan im Südwesten verbindet. Vorbei an den Gera Arcaden, Tätowier- und Sonnenstudios, einem Demokratieladen und dem „Café Kanzler“ geht es nach Lusan.

45 000 Menschen lebten hier in der Spätphase der DDR, fertigten für Carl Zeiss Jena Rüstungstechnik, bauten bei der Sowjetisch-Deutschen Aktiengesellschaft Wismut Uranerz ab oder lieferten für den Volkseigenen Betrieb (VEB) Textilmaschinenbau der Kleidungsbranche zu. Das in der Bundesrepublik weitgehend unbeschriebene Gera war, gemessen an anderen DDR-Bezirken, eine Hochburg der Industrialisierung. Jedes Mal, wenn ein Betrieb eröffnete, wurden neue Wohnungen gebaut; allein in Lusan hält die Tram siebenmal.

Für einen sonnigen Tag zur Mittagszeit ist es fast gespenstisch ruhig.

„Hier leben nur noch halb so viele Menschen wie in den 1980er-Jahren“, sagt Köditz, als die Tram ein verlassenes Gebäude passiert, eine von zwei weiterführenden Schulen, die in den 1990er-Jahren schließen mussten. Wie es wohl war, Abitur zu machen in einer Umgebung, in der man zusah, wie immer mehr Nachbarn in den Westen zogen – oder in die Innenstadt, in Wohnungen, die Menschen abgegeben hatten, die bereits weg waren? Die Doktorandin am Max-Planck-Institut für ethnologische Forschung in Halle wird es herausfinden – sie hat Kontakt zu einem Absolventen der 1990er-Jahre. Und sie hat Kontakt zu einem Architekten, der den „Rückbau“ der Plattenbauten organisiert und dessen Vater den Aufbau plante.

Wie es sich in den Häusern lebt, deren Modelle P1, P2, QP oder WBS 70 jedem in der DDR ein Begriff waren, erlebt sie auch nach Feierabend. Wenige

Imagewandel:
Zu DDR-Zeiten waren Plattenbausiedlungen wie Gera-Lusan beliebte Wohnviertel. Nach der Wende sank die Nachfrage, einige Häuser wurden abgerissen, die übrigen saniert.



GLÜCK AUF



Feldforscherin in Zwickau: Katerina Ivanova untersucht, wie sich die Umbrüche in der Wirtschaft nach der Wende bis heute auf die Menschen auswirken.

Meter von der Wendeschleife der Linie 3, in Lusans letzter Häuserreihe, hat sie eine Eineinhalbraumwohnung bezogen. In ihrem Plattenbau gibt es, was im Osten – in einer Mischung aus Marketing und Anpassung an den demografischen Wandel – nicht so selten ist: eine Concierge. Von 9 bis 17 Uhr können Bewohner hier Getränke bestellen, den Partykeller buchen – oder sich, was Elisabeth Köditz gleich nach ihrem Einzug getan hat, nach Freizeitaktivitäten erkundigen. So lernte sie eine Runde kennen, die nun den Kern ihrer Forschung bildet; acht Frauen, mit denen sie sich jeden Dienstag zum Romméspielen trifft und zu Gesprächen. Während ihr Smartphone, natürlich mit Einverständnis der Frauen, das Gesagte aufzeichnet.

Ortswechsel ins sächsische Zwickau, 40 Kilometer südöstlich von Gera. Katerina Ivanova, ebenfalls Doktorandin am Max-Planck-Institut für ethnologische Forschung, ist nach einem Master in Sozialanthropologie von Bratislava hierhergezogen. Anders als Köditz, nähert sich Ivanova den Umbrüchen der vergangenen 30 Jahre aus ökonomischem Blickwinkel. Man könnte auch sagen: aus der Klassenperspektive.

» Die frühere Normalität wurde abgelöst von einer Zeit, in der Menschen das Sagen bekamen, die kurz zuvor noch in einem anderen Land – der alten Bundesrepublik – gelebt hatten.

Die gebürtige Weißrussin spricht mit Mitarbeitern der Autoindustrie; mit solchen, die beim VEB Sachsenring Trabanten bauten ebenso wie mit Menschen, die heute bei Volkswagen oder in einem Zulieferbetrieb tätig sind. „Ich will erfahren, wie die Arbeiterinnen und Arbeiter in der Automobilindustrie den enormen Wandel seit dem Ende der DDR erlebt haben – und wie sie ihre Position heute bewerten“, sagt sie, „in ihren Arbeitsbeziehungen, aber auch in der Gesellschaft. Beides ist, stelle ich fest, eng miteinander verknüpft.“

SACHSEN UND NIEDERSACHSEN SIND NICHT GLEICHGESTELLT

Für ihre Forschung hat Ivanova einen Ort gewählt, an dem die DDR-Wirtschaft nach der Wende nicht durch ein großes Nichts ersetzt wurde. Mit viel Symbolkraft aufgeladen rollte in Zwickau zusammen mit der letzten Trabant-Modellreihe im Mai 1990 der erste VW Polo vom Band. Heute steht auf dem Gelände ein Fahrzeugwerk, das an jedem Arbeitstag über 1300 Volkswagen fertigstellen kann. Inklusiv der Zulieferbetriebe hat Zwickau 40000 Beschäftigte in der Autoindustrie und gilt als Vorzeigemodell postsozialistischer Transformation.

Nur: Die, mit denen Ivanova spricht, erzählen oft keine Geschichte, die sie gerne vorzeigen. Sondern eine, die von

Erinnerungen an ein System geprägt ist, das sie als Normalität empfanden. Und das abgelöst wurde von einer Zeit, in der Menschen das Sagen bekamen, die noch kurz zuvor in einem anderen Land – der alten Bundesrepublik – gelebt hatten. „Fast alle haben negative Erinnerungen an die 1990er-Jahre“, sagt Ivanova. Weil sie von Arbeitslosigkeit, Kurzarbeit oder vorzeitigem Ruhestand betroffen waren, häufig aber auch, weil sie die Freiheit und Demokratie, die 1989 vor allem auf den Straßen von Ostberlin und Leipzig erkämpft wurden, mit einem Gefühl der Fremdbestimmung verknüpften.

„Natürlich finden sie die Vereinigung nicht per se schlecht“, erzählt Ivanova. „Dennoch berichten viele, dass fortan Menschen aus dem Westen ihr Leben bestimmten – weil sie ihnen erklärten, welche Ausbildung etwas wert ist und welche nicht. Oder weil sie versuchten, schnelle Profite zu machen mit Versicherungen, die niemand brauchte, oder mit Autos, die in den alten Ländern niemand mehr fahren wollte.“

Auch die Treuhandanstalt, die zwischen 1990 und 1994 mehr als 20000 ostdeutsche Unternehmen privatisierte, an die Alteigentümer zurückgab oder stilllegte, prägte die Erinnerungen. „Mein Eindruck ist, dass deren Arbeit als ebenso korrupt wie kolonialisierend empfunden wurde“, so Ivanova. All das

Rechts Autobau in Zwickau: 1989 liefen beim VEB Sachsenring noch die legendären „Trabbis“ vom Band. Die Beschäftigten montierten viele Teile von Hand.

Unten Die VW Golf im Nachfolgewerk des Volkswagenkonzerns werden heute großteils automatisiert gefertigt.





Oben Gemeinsam in der Brigade:
In der DDR hatte Arbeit eine stark soziale Funktion. Geburtstage wurden selbstverständlich im Betrieb mit Kolleginnen und Kollegen gefeiert.

Links Einsam in der Platte:
Ab Ende der 1990er-Jahre weitete sich der Leerstand in Gera-Lusan und anderen Plattenbausiedlungen aus. In diesem Haus waren die Mieter mit der Wäsche auf dem Balkon die letzten verbliebenen Bewohner.

» Nach dem sozialistischen Verständnis leistet jedes Subjekt einen kleinen Beitrag zum Kollektiv. Das hat sich nach der Wende auch für jene verändert, die Arbeit fanden.

habe zu dem Gefühl geführt, Bürger zweiter Klasse zu sein.

Und heute, bald 30 Jahre später? Die Gleichstellung zwischen denen, die in Sachsen, und jenen, die in Niedersachsen arbeiten, ist immer noch Thema. Öffentlichkeitswirksam deutlich wurde das im Mai 2019, als Vertrauensleute der IG Metall dem VW-Vorstand einen Schuldschein übergaben, darauf notiert: 16 Millionen Arbeitsstunden, die VW-Beschäftigte in Zwickau durch die tarifvertraglich festgeschriebene höhere Wochenarbeitszeit seit 1990 mehr arbeiten mussten als ihre Kollegen in den westlichen Bundesländern.

JEDER WILL ANERKENNUNG FÜR DAS, WAS ER LEISTET

Und so sei, berichtet Ivanova, das Verhältnis zu Volkswagen durchaus ambivalent: „Einerseits wissen die Leute, dass die Lage ohne VW weit schlechter wäre. Andererseits erleben sie die Ungleichbehandlung als Zurücksetzung.“ Immer wieder höre sie zudem, dass die Führungsetagen nach wie vor westdeutsch besetzt seien – „nicht selten mit Mitarbeitern, die nur für ein paar Jahre zwecks Karriereförderung nach Zwickau kommen“.

Im Verlauf ihrer Forschung wird Ivanova sich fragen, inwieweit all das mitverantwortlich ist für das Erstarken von Nationalismus und ethnischer Abgrenzung und wie sehr es dem Erfolg einer rechtspopulistischen Partei den Boden bereitet hat: „Meine These ist, dass in Ostdeutschland eine gewisse ökonomische Enteignung auf sehr besondere kulturelle und historische Bedingungen trifft: auf kollektive Erinne-

rungen an den Sozialismus, negative Erfahrungen nach der Wende und ein bis heute herrschendes Gefühl, vom Westen dominiert zu werden.“

Die Hoffnung, Antworten auf das Erstarken der AfD zu finden, verbindet die beiden Promovierenden. Elisabeth Köditz zog es zu einer Kundgebung der AfD in Erfurt, kurz nachdem diese 2014 mit rund jeder zehnten thüringischen Stimme in den Landtag eingezogen war – nicht als Demonstrierende, sondern als Fragende. „Ich spürte, dass in meiner Umgebung etwas gärt. Ich wollte verstehen, was das ist“, erzählt sie. „Wie konnte ich das besser herausbekommen, als mit den Menschen zu sprechen?“ Der Tag markiert im Grunde den Beginn der teilnehmenden Beobachtung, die Köditz heute in Gera und Ivanova in Zwickau praktizieren.

Für den Max-Planck-Direktor Chris Hann ist teilnehmende Beobachtung die wichtigste Methode sozialer Anthropologie. Entwickelt hat sie vor allem der polnische Ethnologe Bronislaw Malinowski, der vor genau 100 Jahren längere Zeit auf den zu Neuguinea gehörenden Trobriand-Inseln forschte. Zentrales Merkmal teilnehmender Beobachtung sei, sagt Hann, „möglichst weitgehend so zu leben wie die Menschen vor Ort und sie so nah in ihrem Alltag und ihren Arbeitsbeziehungen zu beobachten, wie sie es zulassen“. Ohne, fügt er hinzu, sich mit ihnen zu identifizieren: „Das Geheimnis ist, Empathie zu entwickeln, ohne einem *going native* zu verfallen.“

Ob eine teilnehmende Beobachtung im Südpazifik oder in Ostdeutschland erfolgt, sei dabei im Grunde nicht erdheblich: „Natürlich unterscheiden sich

Feldforscherin in Gera: Elisabeth Köditz sucht nach Ursachen für das Erstarken der AfD in Ostdeutschland.



Gera und Zwickau sehr von Neuguinea vor 100 Jahren“, erklärt er, „doch auch eine *anthropology at home* hat in unserem Fach Tradition.“ Entscheidend sei, die theoretische Basis auch dann immer wieder zu hinterfragen, wenn diese – wie etwa das Anerkennungskonzept des Sozialphilosophen Axel Honneth – explizit aus der europäischen Ideengeschichte stammt und man zugleich in Europa forschet.

Für Honneth, den ehemaligen Leiter des Frankfurter Instituts für Sozialforschung, ist eine zentrale Dimension der Anerkennung das Bedürfnis von Menschen, dass das, was sie in einer Gesellschaft leisten, wertgeschätzt wird. Ergänzend lässt sich Karl Marx' Idee des Reproduktionsprozesses einbeziehen, wonach zu jeder Produktion die Reproduktion als stete Wiederherstellung der Ausgangsbedingungen der Produzie-



Langzeitbeobachter in Ungarn: Chris Hann hat miterlebt, welche Hoffnungen auf dem EU-Beitritt des Landes ruhten und wie groß die Enttäuschung inzwischen ist.

renden – also der Menschen – gehört. „Wenn ich mich nicht, oder nur unzureichend, ökonomisch reproduzieren kann, ist das Missachtung. Und Missachtung ist das Gegenteil von Anerkennung“, sagt Elisabeth Köditz.

Sie kommt in ihren Gesprächen häufig auf einen Vergleich der heutigen Zeit mit jener der DDR zu sprechen. Die Frauen, mit denen sie sich zum Kartenspiel trifft, sind im Rentenalter; den größeren Teil ihres Arbeitslebens waren sie in sozialistischen Betrieben tätig. Dabei stellt die Doktorandin fest, dass die Gespräche sich selten um Arbeit als Quelle von Einkommen drehen, sondern häufig um Brigaden und Kollektive, SED- oder FDJ-Betriebsgruppen, den Subbotnik – also den mehr oder minder freiwilligen Arbeitseinsatz am Sonnabend, der häufig Putz- und Aufräumzwecken diene –, den regelmäßigen Tanz mit den Kolleginnen.

„In der DDR hatte Arbeit eine stark soziale Funktion. Nicht selten hat sie weite Teile des privaten Lebens strukturiert“, so Köditz. Das fiel nach der Wende auch für jene weg, die überhaupt neue Arbeit fanden. So, erklärt die Doktorandin, habe sich mit der Abwicklung der DDR auch die Idee von Arbeit völlig gewandelt – „weg von einem sozialistischen Verständnis, in dem jedes Subjekt einen kleinen Beitrag zum Kollektiv leistet, hin zu einem Begriff von Arbeit als bürgerlich-individueller Selbstverwirklichung“.

DIE ZEIT NACH DER WENDE WURDE NIE AUFGEARBEITET

Elisabeth Köditz stammt selbst aus dem heutigen Thüringen. Als Bundesland gab es das bei ihrer Geburt noch nicht – neben vielem anderen verschwanden 1990 auch die 14 DDR-Regierungsbezirke und wurden durch fünf neue Bundesländer ersetzt. Dass sie in einem der neuen Länder aufwuchs, hilft Elisabeth Köditz bei ihrer Feldforschung. „Woher kommen Sie?“ ist häufig die erste oder zweite Frage, die mir gestellt wird“, konstatiert sie. „Im Grunde ist, obwohl ich ein Jahr vor dem Mauerfall zur Welt kam, auch mein Leben von meiner Herkunft geprägt, und zwar im Osten wie im Westen.“

Mit 19 Jahren zog Elisabeth Köditz zum Studium nach Düsseldorf. „Dort an der Uni war ich ebenfalls ‚die Ostdeutsche‘, im 21. Jahrhundert, unter Kommilitonen, die so jung waren wie ich.“ Auch das ist eine Leitfrage ihrer Forschung: „Was sind das für Werte und Erfahrungen, die da über Generationen weitergegeben werden?“

Die Recherchen der zwei Doktorandinnen passen gut in eine Zeit, in der immer augenfälliger wird, dass man das Ende der DDR nicht allein als Aufbruch in die Freiheit betrachten kann. „Aus unserer ethnologischen Sicht muss auch der Freiheitsbegriff in einen gesellschaftlichen Kontext gestellt werden“,

sagt Chris Hann. Vor diesem Hintergrund gehe es darum herauszufinden, was Freiheit für den Einzelnen konkret bedeutet: „Wie wurde sie damals, wie wird sie heute empfunden?“, erläutert der Wissenschaftler. „Und in welchem Zusammenhang steht sie mit der sozio-ökonomischen Lebenssituation?“

In der ethnologischen Betrachtung stünden nicht Philosophen wie Immanuel Kant oder Voltaire im Fokus, die für ihren Freiheitsbegriff universelle Geltung beanspruchen. Hann: „Es reicht nicht aus, allein auf Rechte und Ansprüche von Individuen zu fokussieren. Aus diesem Grund sind für uns auch Denker wie Herder und Rousseau wichtig, die sich mit dem Glück ganzer Völker, Nationen und Gemeinschaften beschäftigen.“ Weil dies oft dem vorherrschenden Gedankengut widerspreche – in der Vergangenheit dem kolonialen, heutzutage dem liberalen –, habe der neuseeländische Ethnologe Raymond Firth, der bekannteste Schüler Malinowskis, den Begriff von der Ethnologie als „unbequemer Wissenschaft“ geprägt.

Was die inzwischen längst nicht mehr „neuen“ Länder angeht, dringt in der allgemeinen (westdeutschen) Öffentlichkeit nur langsam die Erkenntnis durch, dass die mit der Wende einhergehenden Transformationen auch zu millionenfachen biografischen Brüchen führten, die in den Blick genommen werden müssen. Es brauche eine „gesamtdeutsche Aufarbeitung“ der Nachwendezeit, nebst all ihren „Demütigungen, Kränkungen und Ungerechtigkeiten“ – mit so deutlichen Worten formulierte es die sächsische Integrationsbeauftragte Petra Köpping 2018 in einem Buch, das den Titel „Integriert doch erst mal uns!“ trägt. An dieser Aufarbeitung beteiligen sich nun – natürlich neben anderen, zum Beispiel mehreren aus Ostdeutschland stammenden

Symbolischer Akt: Am 27. Juni 1989 zertrennten der ungarische Außenminister Gyula Horn (rechts) und sein österreichischer Kollege Alois Mock (links) medienwirksam den Grenzzaun. Ungarn hatte als erstes Land des Ostblocks schon im Mai die meisten Grenzanlagen abgebaut. Seit 2015 schottet sich Ungarn wieder mit Stacheldraht ab – nun nach Süden, um Migranten fernzuhalten.



Journalistinnen, die das Thema seit Jahren vorantreiben, aber erst jüngst zunehmend Gehör finden – auch die beiden Doktorandinnen des Hallenser Max-Planck-Instituts. „Damit schließen sie eine wichtige wissenschaftliche Lücke“, konstatiert Chris Hann.

DURCH ARBEITSMIGRATION ZERFALLEN VIELE FAMILIEN

Er selbst beobachtet in Ungarn, wo er seit mehr als 40 Jahren forscht, welche Folgen die Umbrüche nach dem Fall des Eisernen Vorhangs für große Teile der Bevölkerung hatten. So berichtet Hann von den Beschäftigten eines Daimler-Benz-Werks in der Provinzhauptstadt Kecskemét, die für rund ein Viertel der Löhne ihrer Kollegen in Stuttgart arbeiten. Derartige Ungleichheiten sowie der Zerfall von Familien durch Arbeitsmigration sind für Hann zentrale Gründe für die Stärke des populistischen Ministerpräsidenten Viktor Orbán: „Die Menschen haben sich von dem Beitritt zur EU viel versprochen – weil ihnen auch viel versprochen wurde. Eingelöst wurde hingegen sehr wenig.“ Nach seinen Beobachtungen hat die Ausbrei-

tung eines neoliberalen Marktprinzips in Ungarn zu populistischen „Gegenbewegungen“ geführt, deren deutlichster Ausdruck die unangefochtene Mehrheit von Orbáns Partei Fidesz ist.

Für Elisabeth Köditz hat auch die Tatsache, dass die AfD im Begriff ist, sich als ostdeutsche Volkspartei zu etablieren, mit der Dominanz westdeutscher Perspektiven zu tun. Sie engagiert sich in der Initiative „Aufbruch Ost“, die 2018 vor allem von Leipziger Studierenden gegründet wurde, um AfD, Pegida & Co. nicht die Deutungshoheit zu überlassen. „Ich bin überzeugt: Ein Grund für ihren Erfolg ist, dass sie et-

was in rassistische Haltungen kanalisieren, was auf andere Weise erzählt werden müsste und könnte“, sagt Köditz.

Deswegen sei wichtig, daran zu arbeiten, dem rechtspopulistischen ein linksemanzipatorisches Narrativ gegenüberzustellen. Ist sie bei „Aufbruch Ost“, deren Mitglieder genau das versuchen, als Wissenschaftlerin aktiv? „Ich verstehe mich als engagierte Anthropologin“, antwortet sie. „Wenn ich daran mitwirken kann, neue Formate zur Anerkennung ostdeutscher Geschichten zu finden, scheint mir das sinnvoll.“ ◀

 www.mpg.de/podcasts/freiheit

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Mittels Feldforschung in Ostdeutschland und in der ungarischen Provinz untersuchen Ethnologen die Auswirkungen der Nachwendezeit auf die dortige Bevölkerung.
- Die verbindende Funktion, die Arbeit im sozialistischen System hatte, fiel nach der Wende weg – und damit auch das Gemeinschaftsgefühl und die Anerkennung, die ein wesentlicher Teil der Arbeitswelt gewesen waren.
- Negative Erfahrungen aus der Umbruchszeit und eine andauernde Ungleichbehandlung führen dazu, dass sich Menschen benachteiligt fühlen und mit populistischen Parteien sympathisieren.

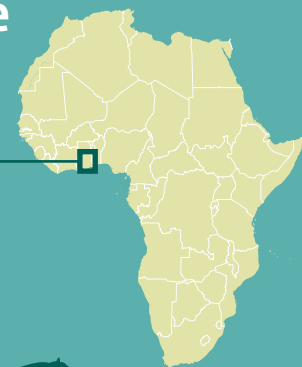
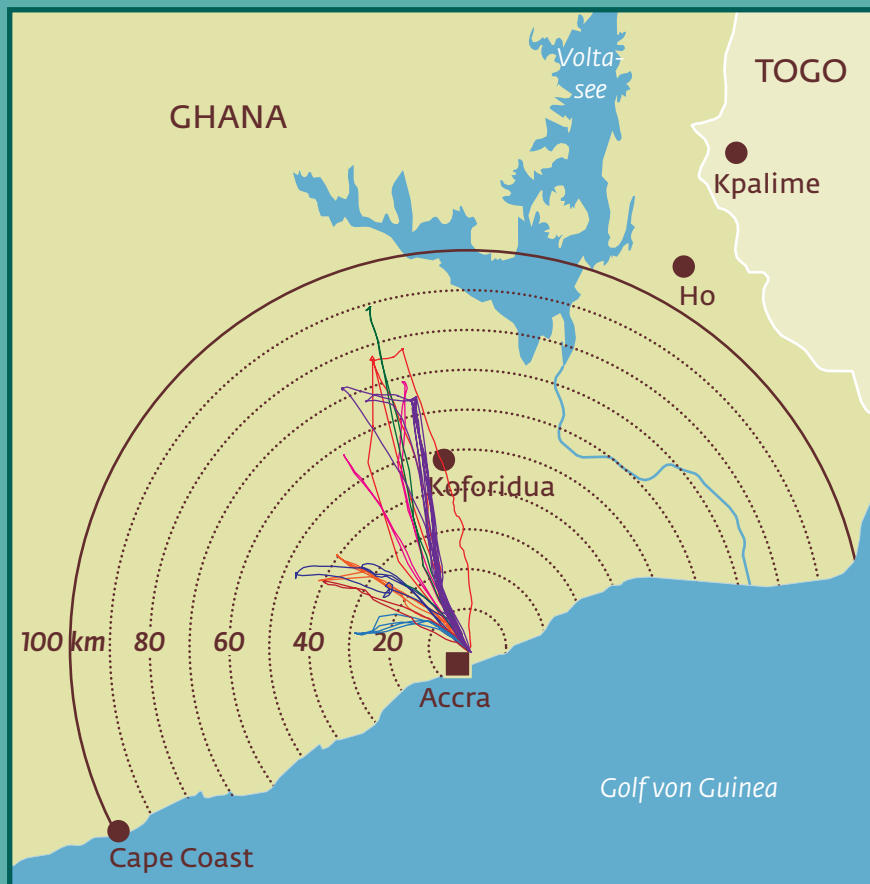
Flughunde forsten auf

Der Mensch profitiert in vielfältiger Weise von intakter Natur. Sie bietet ihm nicht nur Erholungsraum, sondern auch finanzielle Vorteile: Insekten, Vögel und Fledermäuse bestäuben weltweit Nutzpflanzen und beseitigen tierische und pflanzliche Abfallstoffe. Solche ökologischen Dienstleistungen belaufen sich auf viele Milliarden Euro pro Jahr – vom Wert sauberer Luft und fruchtbarer Böden ganz zu schweigen.

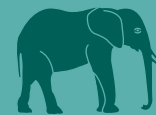
Palmenflughunde bieten ebenfalls einen Service für den Menschen: Die Tiere fressen die Früchte von Bäumen und verschlucken dabei deren Samen. Auf dem Rückflug zu ihrem Schlafbaum transportieren sie die Samen viele Kilometer weit, bevor sie sie wieder ausscheiden. Forscherinnen und Forscher des Max-Planck-Instituts für Ornithologie haben berechnet, dass eine einzige Flughundkolonie in Ghana auf diese Weise jährlich 800 Hektar Wald im Wert von 700 000 Euro aufforsten kann.

Leider werden immer noch Hunderttausende Palmenflughunde jedes Jahr getötet. Wären die Tiere besser geschützt, könnten sie mehr zum Erhalt der Wälder in Afrika beitragen.

Nächtliche Routen der Palmenflughunde



75 km Palmenflughund



25 km Afrikanischer Elefant



14,5 km Trompeterhornvogel



1,5 km Kolumbianischer Wollaffe

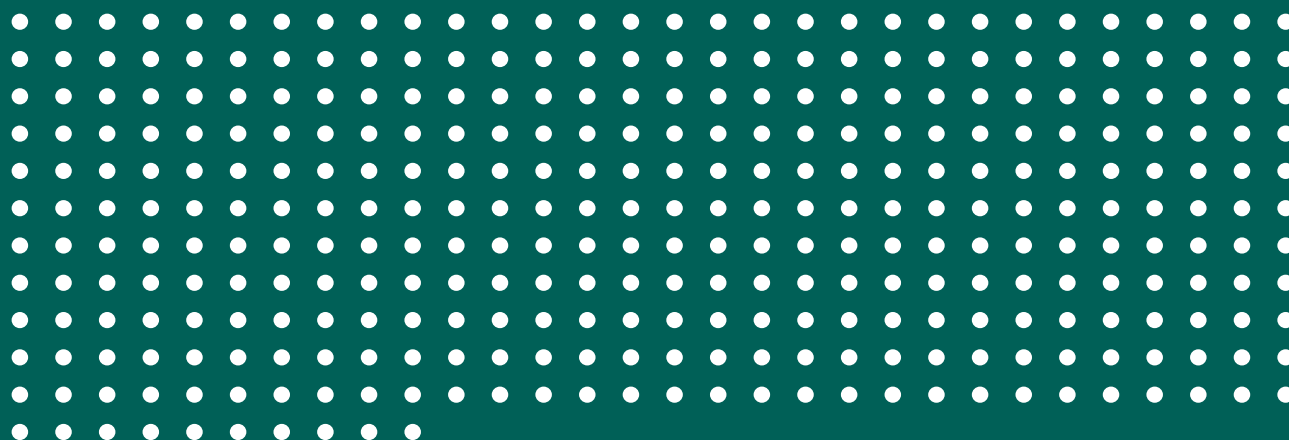
Die Flughunde und ihre Fracht

Maximale Verbreitungsfläche: **13 000 km²**

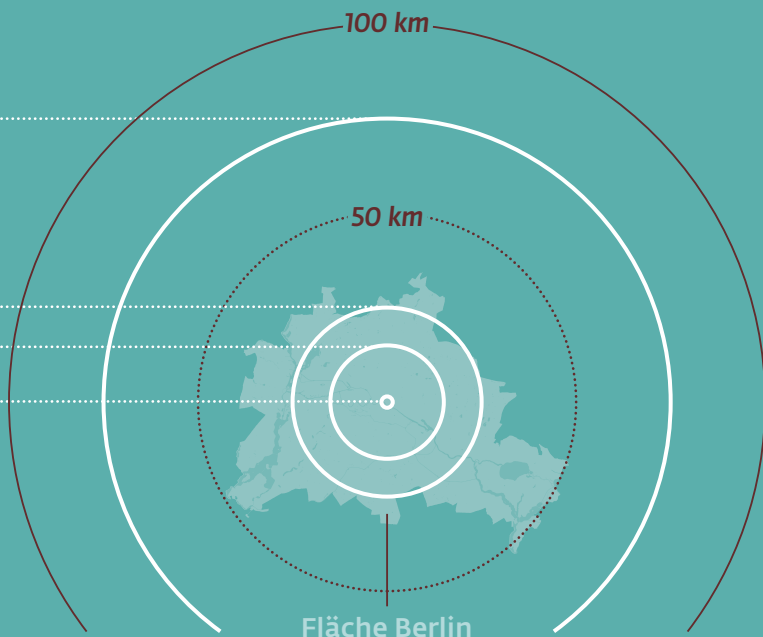
Koloniegröße: **150 000** Tiere



Anzahl Samen pro Kolonie und Nacht: **340 000**



Tierische Samenkuriere



Durch die Verteilung der Samen entstehen jedes Jahr **800 Hektar** neuer Wald. Dies entspricht ungefähr **1120** Fußballfeldern.



Population in Ghana mindestens **2,5 Mio.**

Gejagt werden pro Jahr bis zu **1,5 Mio.** Tiere

Wer länger lebt, bekommt weniger Kinder

Die Altersforschung an kurzlebigen Tieren unterschätzt möglicherweise den Preis für eine hohe Lebensdauer

Ein langes Leben und viele Kinder – dies war bis vor nicht allzu langer Zeit eine weitverbreitete Wunschvorstellung. Ein Blick ins Tierreich zeigt jedoch, dass sich eine hohe Fruchtbarkeit und eine lange Lebensdauer oft ausschließen:

Besonders kurzlebige Tiere sind oft sehr fruchtbar, langlebige haben hingegen häufig weniger Nachkommen. Mäuse zum Beispiel leben nur etwa zwei Jahre, sie werden allerdings schon nach wenigen Wochen geschlechtsreif und bringen dann bis zu achtmal jährlich drei bis acht Junge zur Welt. Elefanten dagegen können an die 80 Jahre alt werden, im Laufe ihres Lebens bringt eine Elefantenkuh aber nur bis zu zehn Nachkommen hervor. Forscher des Max-Planck-Instituts für Evolutionsbiologie in Plön haben nun herausgefunden, wie sich der Kompromiss zwischen Lebensdauer und Fruchtbarkeit auswirkt. Demnach kann bereits eine unwesentlich erscheinende Verlängerung der Lebensspanne die Fortpflanzung massiv beeinflussen. Welche Folgen ein längeres Leben für die Fruchtbarkeit des Menschen hat, das haben die Forscher allerdings noch nicht entdeckt. (www.mpg.de/13559057)



Elefanten werden bis zu 80 Jahre alt. Doch mit etwa zehn Jungen bekommt eine Elefantenkuh vergleichsweise wenig Nachwuchs.

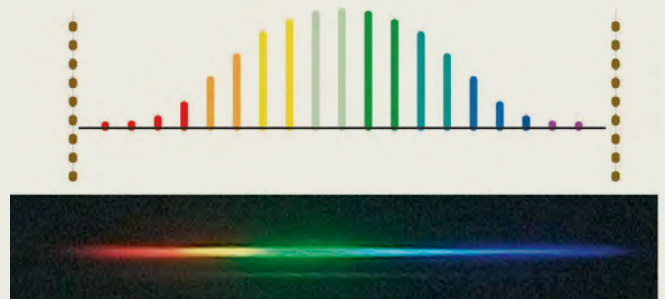
Lichtkamm für die Datenkommunikation getrimmt

Information könnte sich mithilfe einer neuen Technik künftig effizienter übertragen lassen

Ein neues optisches Bauteil könnte den Energieaufwand für den Datentransport durch Glasfasern reduzieren. Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für die Physik des Lichts und der Universität Otago in Neuseeland haben eine Technik entwickelt, mit der sie mithilfe eines elektrischen Feldes optische Frequenzkämmen von besonders hoher Qualität erzeugen. In einem Frequenzkamm, der bislang meist rein optisch erzeugt wird, reihen sich in regelmäßigem Abstand scharfe Linien unterschiedlicher Lichtfarbe wie Zähne eines Kamms aneinander. Für die Entwicklung der grundlegenden Technik, mit der Laserlicht in die verschiedenen Frequenzen aufgefächert wird, erhielt Theodor W. Hänsch vom Max-Planck-Institut für Quantenoptik 2005 den Nobelpreis in Physik. Mit einem Frequenzkamm ließe sich die Anzahl der benötigten Laser dras-

tisch reduzieren, mit denen Daten derzeit parallel durch Glasfasern übertragen werden. Mit den bislang verfügbaren Frequenzkämmen lassen sich aber optische Effekte, die ein Übertragungssignal verzerren, nicht kontrollieren. Das ist bei den neuen elektrooptischen Frequenzkämmen möglich, sodass sich mit ihnen die steigenden Datenmengen im Internet bewältigen und die Kosten für die Übertragung senken lassen. (www.mpg.de/13669026)

Für jede Farbe ein Zinken: In einem Frequenzkamm wird Laserlicht in viele verschiedene Linien aufgespalten. Ein elektrooptischer Effekt macht es effizienter, ihn zu erzeugen – das könnte sich für die Datenübertragung nutzen lassen.



Mikromaschinen montieren sich selbst

Polarisierbare Komponenten von Kleinstrobotern finden in einem elektrischen Feld selbst zueinander, wenn sie entsprechend konstruiert sind

Konstrukteure von Mikromaschinen können künftig eine neue Methode nutzen. Ein Team um Forscher des Max-Planck-Instituts für Intelligente Systeme in Stuttgart präsentiert eine Anleitung, nach der sich die Bauteile von Mikrofahrzeugen, -rotatoren oder -pumpen in einem elektrischen Feld selbst zusammensetzen. Das Konzept beruht auf dem dielektrophoretischen Effekt: Ein ungleichmäßiges elektrisches Feld lädt ein Gerüst aus einem Kunststoff sowie die weiteren Bauteile, die ebenfalls aus

Kunststoff oder aus Quarzglas bestehen, elektrisch auf. Die Komponenten, die nicht elektrisch leitend sind, verändern das elektrische Feld dabei abhängig von ihrer Form. Bei einem geschickt gewählten Design lagern sie sich daher genau zur gewünschten Konstruktion aneinander. Die Montageanleitung könnte helfen, Mikroroboter zu bauen, die im menschlichen Körper medizinische Dienste verrichten, oder die Geräte eines Labors auf einem Mikrochip unterzubringen. (www.mpg.de/13694829)

Die Ursprünge der Kartoffel

Verschiedene Sorten und Wildpflanzen haben die Knollen zu einem der wichtigsten landwirtschaftlichen Produkte gemacht

Der Streit über den Ursprung der europäischen Kartoffel währt schon über hundert Jahre. Mithilfe von Erbgutanalysen haben Forscher des Max-Planck-Instituts für Entwicklungsbiologie in Tübingen nun herausgefunden: Unsere heutigen Kartoffelpflanzen besitzen zwei Ursprünge. Die ersten von Europäern im 16. Jahrhundert gesammelten Kartoffeln stammen aus den Anden im heutigen Peru. In Europa entwickelten sie zunächst nur im Spätherbst die nahrhaften Knollen. Dadurch aber blieben die Knollen klein, denn sie hatten vor dem ersten Frost nur wenig Zeit zum Wachsen. Im 19. Jahrhundert wurden dann Sorten aus Chile nach Europa importiert. Aus ihren Daten können die Forscher auch ablesen, dass europäische Bauern nach der im 19. Jahrhundert grassierenden Kraut- und Knollenfäule wilde und kultivierte Kartoffeln kreuzten, um ihre Nutzpflanzen resistenter gegen Krankheiten zu machen. Die Forschungsergebnisse zeigen, wie wichtig der Schutz der Artenvielfalt sein kann. Unterschiedliche Sor-



Bis zu 350 Jahre alt sind die Pflanzen, mit denen Forscher die Herkunft der europäischen Kartoffel bestimmt haben. Darunter waren auch Pflanzen aus einer Sammlung Charles Darwins, die dieser 1834 auf dem Conos-Archipel im südlichen Chile gesammelt hatte.

ten von Kulturpflanzen und verwandten Wildarten können dabei helfen, Nutzpflanzen vor Krankheitserregern und vor den Folgen der Erderwärmung zu schützen. (www.mpg.de/13618470)

Die Drogenkrise und ihre Kinder

Der Opioidmissbrauch in den USA senkt die Lebenserwartung

Bei vielen beginnt es mit einem scheinbar harmlosen Schmerzmittel. Doch opioidhaltige Arzneimittel lindern nicht nur Schmerzen, sie können auch rauschartig wirken und abhängig machen. Genau das ist in den USA bei vielen Patienten passiert, denen die entsprechenden Medikamente oft jahrzehntelang und mitunter leichtfertig von ihren Ärzten verschrieben wurden. In der Folge nahm die Zahl der Drogensüchtigen und Drogentoten in den USA zuletzt drastisch zu. Dadurch ist die durchschnittliche Lebenserwartung in den USA – im Gegensatz zu den meisten anderen Industrieländern – erstmals seit dem Ersten Weltkrieg deutlich zurückgegangen. Von 2014 bis 2016 sank sie bei den Männern um drei Monate, bei den Frauen um etwa eineinhalb Monate. Besonders stark stiegen die Sterberaten bei den Menschen an, die zwischen 1956 und 1966 geboren wurden. Das Gleiche gilt für die ersten männlichen Millennials, die im Zeitraum von 1979 bis 1989 zur Welt kamen. So trifft es vor allem die Babyboomer und ihre Kinder – was bedeuten könnte, dass Kinder das gesundheitsschädigende Verhalten ihrer Eltern übernehmen. (www.mpg.de/13629156)

Feuer schwächen tropische Regenwälder dauerhaft

Auch zehn Jahre nach Bränden sterben große, alte Bäume vermehrt, und die Wälder bleiben anfälliger für Feuer und Sturmschäden

So wichtig tropische Regenwälder für die Artenvielfalt und das Klima sind, so verletzlich sind sie. Ein internationales Team um Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Biogeochemie in Jena stellte an der Tanguro-Ranch-Forschungsstation im brasilianischen Amazonas nun fest, dass der Wald

auch noch zehn Jahre nach einem Brand merklich geschädigt ist. Selbst nach diesem Zeitraum sterben mehr große, ältere Bäume, weil die Luft um ihre Kronen im ausgedünnten Wald trockener ist und sie dann mehr Wasser verdunsten, als sie auf Dauer in ihre Blätter transportieren können.

Sie werden von schnell wachsenden Arten ersetzt, die Kohlenstoff wesentlich weniger effektiv speichern. Zudem enthielt der Wald noch deutlich weniger Biomasse, und die Bestände waren vor allem an den Waldrändern anfälliger für Sturmschäden. Letzteres ist eine wichtige Erkenntnis, da der Amazonas-Regenwald immer häufiger durch große gerodete Flächen unterbrochen wird. Schließlich beobachteten die Wissenschaftler, dass Gräser in den Wald einwandern, was diesen anfälliger für natürliche Feuer macht. Es gab jedoch auch einen positiven Befund: Bereits sieben Jahre nach dem letzten Feuer setzte der Regenwald Wasser wieder genauso effektiv um wie intakte Wälder und baute, wenn auch auf niedrigerem Niveau, im gleichen Maß Biomasse auf. (www.mpg.de/13665843)



Kontrollierte Brände: Eine Versuchsfläche nach einem Feuer, das Wissenschaftler als Teil eines Langzeitexperiments legten.

Die älteste Werkstatt der Menschheit

Steinwerkzeuge sind vermutlich mehrmals auf unterschiedliche Weise erfunden worden

Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für evolutionäre Anthropologie in Leipzig haben im Nordosten Äthiopiens die bislang ältesten systematisch bearbeiteten Steinwerkzeuge entdeckt. Unter mehreren Metern Sediment haben die Forscher Hunderte von kleinen Steinabschlägen und Tierknochen gefunden. Die 2,6 Millionen Jahre alten Fundstücke markieren einen Wendepunkt in der Werkzeugherstellung: Bis dahin hatten Frühmenschen lediglich einfache Schlagsteine verwendet, um Nüsse oder Muscheln zu

zertrümmern. Danach begannen die Menschen, systematisch kleinere scharfkantige Werkzeuge von größeren Gesteinsbrocken abzuschlagen. Mit bereits bekannten, etwa 3,3 Millionen Jahre alten Schlagwerkzeugen aus Kenia verbindet die neuen Funde nur wenig. Die Forscher ziehen daraus den Schluss, dass verschiedene Menschenformen in unterschiedlichen Gegenden den Wert von Werkzeugen erkannten und diese mehrfach unabhängig voneinander erfunden haben. (www.mpg.de/13521459)

Die Anfänge des Cannabisrauchens

Funde belegen Nutzung des Rauschmittels vor 2500 Jahren im westchinesischen Pamir-Gebirge

Hanf wird in Ostasien seit Jahrtausenden als Ölsaat- und Faserpflanze angebaut. Die früh kultivierten Hanfsorten sowie die meisten Wildbestände besitzen jedoch nur einen geringen Anteil der psychoaktiven Cannabinoid-Verbindungen. Deshalb war es lange eine offene Frage, wann und wo Menschen zuerst erkannten, dass bestimmte Sorten der Pflanze eine berauschende Wirkung besitzen. Nun hat ein Forschungsteam des Max-Planck-Instituts für Menschheitsgeschichte gemeinsam mit chinesischen Kollegen konkrete Hinweise gefunden. Die Entdeckung machten die Forscherinnen und Forscher, als sie hölzerne Räuchergefäße aus 2500 Jahre alten Gräbern im Pamir-

Gebirge untersuchten. Darin fanden sie eine chemische Signatur, die genau jener von Cannabis entspricht. Die Daten belegen außerdem, dass die Menschen im Pamir-Gebirge damals Hanfsorten mit einem höheren THC-Gehalt verbrannten. Die Entdeckungen deuten darauf hin, dass Menschen die berauschenden Pflanzen bei Ritualen zum Gedenken an die Toten verbrannten und den Rauch inhalierten. Es ist bislang nicht geklärt, ob sie Cannabis selbst anbauten oder lediglich gezielt Pflanzen mit höherem THC-Gehalt sammelten und ob Cannabis in der damaligen Gesellschaft auch noch anders genutzt wurde. (www.mpg.de/13558387)



Harmloses Kraut: Wilde Hanfpflanzen bedecken weite Flächen in den Bergausläufern Eurasiens vom Kaukasus bis nach Ostasien; sie enthalten allerdings kaum Cannabinoide.

Tiermütter gehen über Leichen

Zum Wohl des eigenen Nachwuchses kennen Säugetier-Weibchen manchmal kein Erbarmen

Bei manchen Säugetieren sterben die meisten Jungtiere durch Artgenossen. In der Regel sind es die Männchen, die im Wettbewerb um Nahrung oder Partner die Nachkommen von Rivalen töten. Forscher des Max-Planck-Instituts für evolutionäre

Anthropologie in Leipzig haben nun herausgefunden, dass auch die Weibchen vieler Säugetierarten – etwa von Erdmännchen oder Pavianen – den Nachwuchs von Konkurrentinnen töten. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn fremde Jungtiere den eigenen Fortpflanzungserfolg gefährden. Weibchen können zum Beispiel Zugang zu einem Bau bekommen oder ihr Revier vergrößern, wenn sie die Jungen eines anderen Weibchens töten und dieses dadurch vertreiben. Dabei machen Weibchen mitunter auch vor den Kindern ihrer Verwandten nicht halt: So kann es vorkommen, dass Großmütter ihre Enkel töten oder Tanten ihre Nichten – und das, obwohl diese als Verwandte einen Teil der eigenen Gene tragen. Der Nutzen für die eigenen Nachkommen muss diesen Verlust folglich mindestens ausgleichen. (www.mpg.de/13708613)



Weibliche Erdmännchen töten den Nachwuchs von Konkurrentinnen, um sich und den eigenen Nachkommen Vorteile zu verschaffen. Häufig sind die Opfer die Kinder ihrer Schwestern und Töchter.

Insekten auf Reisen

Auch Schwebfliegen gehören zu den Langstreckenziehern

Viele Tiere bewegen sich im Rhythmus der Jahreszeiten über den Globus. Darunter sind auch viele Insekten – neusten Erkenntnissen zufolge sogar Schwebfliegen. Wissenschaftler der Universität Exeter und des Max-Planck-Instituts für Verhaltensbiologie in Konstanz haben die Bewegungsmuster von zwei Schwebfliegenarten in Großbritannien untersucht. Demnach pendeln in jedem Frühjahr bis zu vier Milliarden dieser Insekten vom europäischen Festland nach Großbritannien und fliegen im Herbst zurück. Eine so enorme Zahl an Individuen bestäubt in Großbritannien viele Milliarden Blüten, ihre Larven wiederum können bis zu zehn Billionen Blattläuse fressen. Außerdem transportieren die Schwebfliegen auf ihrem Flug Milliarden von Pollenkörnern und verteilen zwischen Großbritannien und Europa viele Tonnen Nährstoffe. Schwebfliegen könnten folglich ein Schlüssel zum Erhalt der Biodiversität auf der Erde sein. (www.mpg.de/13717353)



Die Hainschwebfliege ist eine von 450 Schwebfliegen-Arten in Deutschland. Ein Teil der Tiere überwintert bei uns als ausgewachsenes Insekt, manche fliegen im Herbst in andere Gebiete.

Goliaths Vorfahren kamen aus Europa

Die biblischen Philister stammten offenbar von Menschen ab, die über das Mittelmeer nach Israel kamen

Die Philister sind aus dem Alten Testament als die Erzfeinde des Volkes Israel bekannt. Legendar ist die Geschichte vom Kampf des jungen Israeliten David gegen Goliath, einen riesigen Krieger aus dem Lager der Philister. Die alten Texte berichten jedoch wenig über die Herkunft des Volkes.



Ein internationales Forschungsteam unter Leitung des Max-Planck-Instituts für Menschheitsgeschichte und der Leon-Levy-Expedition hat nun erstmals das Erbgut von Menschen untersucht, die vor etwa 3600 bis 2800 Jahren in der Hafengestadt Ashkelon lebten – dem Alten Testament zufolge eine der fünf Hauptstädte der Philister. Die Analyse ergab, dass um die Zeit der mutmaßlichen Ankunft der Philister auch eine europäische Genkomponente in das heutige Israel gelangte. Dies deutet darauf hin, dass die Vorfahren der Philister über das Mittelmeer migrierten und in der frühen Eisenzeit Ashkelon erreichten. Doch innerhalb von nicht einmal zwei Jahrhunderten verschwand diese genetische Komponente wieder. Anders als in den alten Texten dargestellt, heirateten die Neuankömmlinge wohl in alteingesessene Familien ein, sodass sich ihre genetischen Spuren verwischten. (www.mpg.de/13665132)

Genetische Spurensuche: Gebeine, die auf dem Philister-Friedhof der Stadt Ashkelon gefunden wurden, lassen auf die Herkunft des biblischen Volkes schließen.

In aller Ruhe entscheiden

Das Gehirn rekapituliert Beschlüsse im Zeitraffer

Wenn wir Entscheidungen treffen, arbeiten unterschiedliche Gehirnareale zusammen. Forschern des Max-Planck-Instituts für Bildungsforschung in Berlin zufolge spielen manche dieser Gebiete die Abläufe in Ruhephasen danach noch einmal wie im Zeitraffer durch. Eine solche Region ist der Hippocampus, der am Rand der Großhirnrinde liegt und auch an Lern- und Gedächtnisvorgängen beteiligt ist. Die Wissenschaftler haben für ihre Studie die Gehirnaktivität von Probanden während Entscheidungsaufgaben und in anschließenden Ruhephasen

mit einem Magnetresonanztomografen (MRT) aufgezeichnet. Die Ergebnisse zeigen, dass der Hippocampus die für die vorherige Entscheidungsphase typischen Aktivitätsmuster wiederholt, wenn sich die Teilnehmer ausruhen – allerdings schneller als zuvor. Diese Fähigkeit des Hippocampus scheint eine zentrale Rolle dabei zu spielen, dass einmal gemachte Erfahrungen dauerhaft gespeichert werden. Auf diese können wir dann zurückgreifen, wenn wir neue Entscheidungen treffen oder Fertigkeiten erlernen müssen. (www.mpg.de/13670500)

Immer schön absichern!

Um sich selbst zu schützen, entscheiden Führungskräfte nicht immer optimal

Eigentlich sollten Vorgesetzte bei Entscheidungen das Wohl des Arbeitgebers im Auge haben. Doch oft wählen Chefs und Chefinnen die schlechtere Alternative, um sich selber zu schützen. Diese Alternative kann bequemer sein, weniger Gegenwind mit sich bringen oder die Möglichkeit bieten, dass ein anderer die Verantwortung trägt, falls etwas schiefgeht. In einer anonymen Studie des Max-Planck-Instituts für Bildungsforschung unter 950 Führungskräften aller Hierarchiestufen einer öffentlichen Einrichtung gaben 80 Prozent der Befragten an, dass mindestens eine ihrer zehn wichtigsten Entscheidungen in den vergangenen zwölf Monaten defensiv war. Im Durchschnitt wurden etwa 25 Prozent der wichtigsten Beschlüsse nicht im besten Interesse der Organisation gefällt. Erste Ergebnisse aus DAX-Unternehmen zeigen, dass defensive Entscheidungen dort noch öfter vorkommen. Die häufigsten Ursachen dafür sind laut der Untersuchung mangelnde Fehlerkultur und fehlende Möglichkeiten, innerhalb von Teams über Ideen, Meinungen und Bedenken offen zu sprechen. Wenn Misserfolge nicht stigmatisiert werden und eine gute Kommunikationskultur herrscht, sind Führungskräfte eher zu mutigen Beschlüssen bereit. (www.mpg.de/13802220)

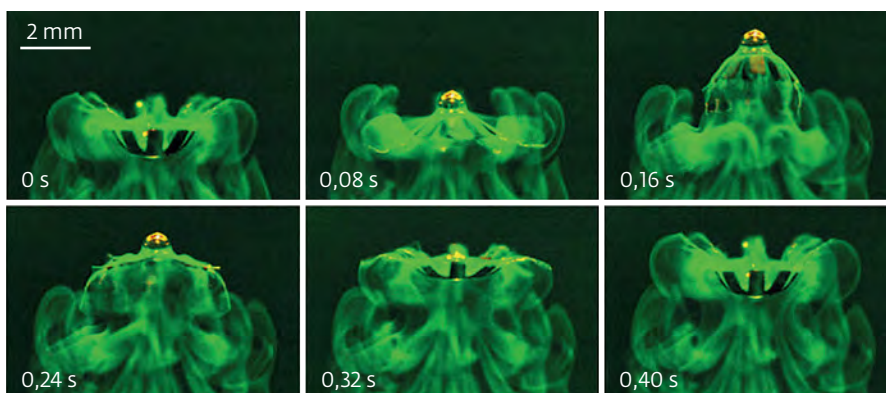
Auftrieb für Roboterqualle

Ein winziges Schwimmgerät bewegt sich mit einem Magnetantrieb wie eine Meduse

Für miniaturisierte Unterwasserboote stehen immer wieder Meerestiere Pate. Jetzt haben Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Intelligente Systeme einen wenige Millimeter kleinen Schwimmkörper aus mit Magnetpartikeln gespicktem Gummi entwickelt, der wie eine Qualle aussieht und sich auch so bewegt. Er lässt sich mithilfe eines äußeren magnetischen Feldes wie ein Schirm auf- und zuklappen und bewegt sich dadurch fort. Auf diese Weise


kann der Minischwimmer auch kleine Teilchen einfangen. Solche Schwimmgeräte könnten etwa Flüssigkeiten durchmischen, im Boden von Gewässern graben oder im menschlichen Körper medizinische Wirkstoffe ausliefern. (www.mpg.de/13717880)

Schleiertanz eines Schwimmroboters: Ein grüner Farbstoff macht sichtbar, welche Verwirbelungen ein quallenartiger Roboter erzeugt, wenn ein Magnetfeld ihn wie einen Schirm auf- und zuklappt und er sich so vorwärtsbewegt.



Inventur im Universum

Mit bisher unerreichter Präzision vermisst das europäische Weltraumteleskop *Gaia* an die zwei Milliarden Sterne – ein Datenschatz, der schon jetzt unser Bild der Milchstraße verändert. Ein Mann der ersten Stunde ist **Coryn Bailer-Jones** vom **Max-Planck-Institut für Astronomie** in Heidelberg. Er hat einen Teil des Himmelskatalogs erstellt und darin unter anderem auch nach Sternen gesucht, die unserem Sonnensystem sehr nahe gekommen sind oder dies zukünftig tun werden.



Die Milchstraße
im Blick: Das
Satellitenteleskop
Gaia durchmustert
den Himmel mit
bisher unerreichter
Präzision in drei
Dimensionen. Im
Fokus der Mission
stehen die Sterne
unserer Galaxis.

TEXT THOMAS BÜHRKE

In das *Gaia*-Projekt bin ich reingereutscht“, sagt Coryn Bailer-Jones über den Beginn dieser Erfolgsstory. An der Universität Cambridge hatte er sich mit der Frage beschäftigt, wie man anhand großer Datensätze effektiv Sterne klassifizieren könnte: „Das Verfahren, das ich dort entwickelt habe, basierte im Prinzip auf neuronalen Netzwerken.“ Nach seiner Promotion kam der gebürtige Brite im Jahr 1998 an das Heidelberger Max-Planck-Institut für Astronomie, wo er zunächst Braune Zwerge erforschte. Ein heißes Thema, weil man diese Art von Himmelskörpern erst wenige Jahre zuvor entdeckt hatte.

Doch dann hörte der Wissenschaftler von dem Projekt *Gaia* und fuhr zu

einem von der Europäischen Weltraumorganisation ESA veranstalteten Meeting. Dort wurde der Mitbegründer des Projekts, Michael Perryman, auf ihn aufmerksam und erkannte sofort sein Potenzial. „Er hat mich davon überzeugt, bei *Gaia* einzusteigen“, erinnert sich Bailer-Jones, dessen weitere Karriere damit vorgezeichnet war.

DAS TELESKOP, DAS KEINE BILDER MACHT

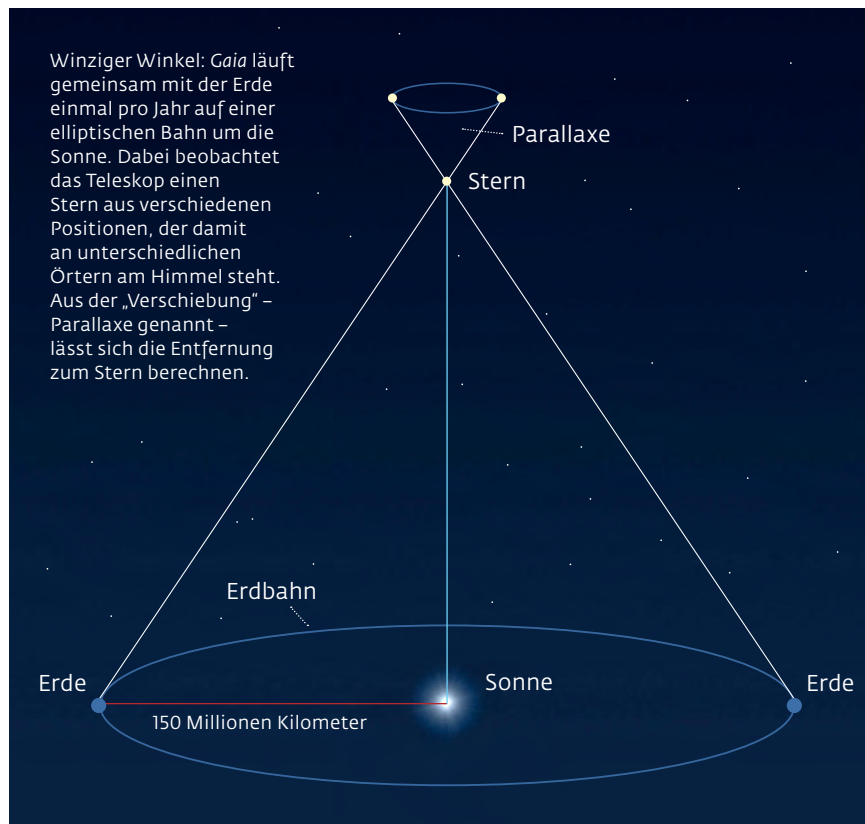
Das Ende 2013 ins All gestartete Teleskop besitzt die größte jemals im Welt- raum eingesetzte Kamera. Doch sie liefert keine einzige Himmelsaufnahme wie etwa das Weltraumobservatorium *Hubble*. *Gaias* Aufgabe besteht vielmehr

darin, in unserer Milchstraße die Positionen, Bewegungen, Helligkeiten und Farben von mehr als einer Milliarde Sternen zu vermessen – ein kosmischer Zensus nie gekanntes Ausmaßes und nie erreichter Präzision.

Das Teleskop *Gaia* arbeitet so genau, dass es die Bewegung eines hypothetischen Käfers auf dem Mond über eine Distanz von wenigen Zentimetern messen könnte. Es rotiert langsam um die eigene Achse und bildet den jeweils im Blickfeld befindlichen Teil des Himmels auf die Gigapixel-Kamera ab. Diese besteht aus 106 CCD-Chips und besitzt die Ausmaße von einem halben auf einen Meter. Am Ende der Mission wird jeder Himmelskörper etwa hundertmal vermessen worden sein.

Das Weltraumteleskop arbeitet nach dem einzigen Verfahren, das auf reiner Geometrie beruht und ohne astrophysikalische Annahmen auskommt. Es funktioniert so: *Gaia* bewegt sich zusammen mit der Erde um die Sonne. Dabei beschreibt das Teleskop eine Bahn mit rund 300 Millionen Kilometern Durchmesser und vermisst die Positionen der Sterne. Da die Himmelskörper während dieses Umlaufs von unterschiedlichen Orten aus beobachtet werden, wandern ihre Positionen am Firmament auf einer winzigen Ellipse – in der sich *Gaias* Bewegung um die Sonne widerspiegelt.

Diesen Effekt kann man sich leicht veranschaulichen. Hierzu halte man einen Finger vor sein Gesicht und betrachte ihn abwechselnd erst mit dem linken, dann mit dem rechten Auge. Dabei scheint der Finger vor dem Hintergrund hin und her zu springen. Die Augen entsprechen zwei Positionen von *Gaia* auf der Umlaufbahn und der Finger einem Stern. Je näher der Stern ist, desto größer ist diese perspektivische Verschiebung, die Parallaxe genannt wird. Mit dem bekannten Durchmesser der Umlaufbahn und den



gemessenen Parallaxen lassen sich die Entfernungen der Sterne berechnen.

Im September 2016 veröffentlichte das *Gaia*-Konsortium den ersten Katalog mit etwa zwei Millionen Sternen. Schon dieser noch sehr unvollständige Datensatz ließ die Astronomen jubeln, doch der zweite Katalog vom April 2018 übertraf die Erwartungen: Er enthält die Positionen, Helligkeiten, Parallaxen und Bewegungen von 1,3 Milliarden Objekten! Ein ungeahnter Datensatz, den die ESA und die europäischen Astronomen des *Gaia*-Projekts allen Forschern weltweit zur Verfügung stellen – ein großzügiges Novum.

Innerhalb der ersten zehn Monate nach der Veröffentlichung der Daten waren bereits mehr als tausend wissenschaftliche Aufsätze erschienen, der erste bereits wenige Stunden nach der Öffnung des Datenarchivs – zwei historische Rekorde. Dies war nur mit einer umfassenden Vorbereitung möglich.

Im Jahr 2006, also lange vor *Gaias* Start, gründete die ESA neun sogenannte Coordination Units (CU). In ihnen bereiten Astronomen und Softwarepezialisten die Daten so auf, dass sie sich ohne weitere Prozessierung für die Forschung nutzen lassen. Zwei dieser CU stehen unter Heidelberger Leitung: CU3

betreut das Astronomische Rechen-Institut des Zentrums für Astronomie Heidelberg. Dort landen rund eine Billion Einzelmessungen und werden so weit verarbeitet und kalibriert, dass am Schluss astrometrische Werte wie Positionen, Bewegungen und Geschwindigkeiten der Sterne vorliegen.

Bis Mitte 2018 leitete Coryn Bailer-Jones CU8. Ihre Aufgabe besteht darin, die astrophysikalischen Größen zu destillieren. „Wir verwenden die bereits prozessierten Endprodukte der Messdaten und müssen deshalb auf die Kollegen warten“, erklärt Bailer-Jones. „Aber wir haben uns natürlich schon lange vor dem Start überlegt, wie wir vorgehen werden.“ So haben die Experten Softwarepakete entwickelt, die miteinander kompatibel sind – und diese Software anhand von simulierten Daten getestet.

Alle an *Gaia* interessierten Astronomen wussten schon seit Langem, in welcher Form die Daten erscheinen würden. Sie hatten ihre Programme rechtzeitig geschrieben und konnten die Katalogdaten mit mehr oder weniger Aufwand verwenden. Die Bandbreite umfasst so gut wie alle astronomischen Fachgebiete – von der Entdeckung von Asteroiden in unserem Sonnensystem über das Aufspüren von Sternströ-

Themenwechsel: Ursprünglich untersuchte Coryn Bailer-Jones sogenannte Braune Zwerge, eine besondere Art von Sternen. Doch dann erfuhr der Astronom von dem Satelliten *Gaia* – und stieg schließlich in das Projekt ein.



RENDEZVOUS MIT EINEM ZWERG

In den 1970er-Jahren machten sich die Raumsonden *Pioneer 10* und *11* sowie *Voyager 1* und *2* auf den Weg ins äußere Sonnensystem. Sie sind derzeit mehr als hundertmal weiter von der Sonne entfernt als die Erde und fliegen in den interstellaren Raum hinaus. Zu den beiden *Voyagers* besteht noch Funkkontakt.

Für den Fall, dass Außerirdische eine der Sonden aus dem All fischen, befinden sich Botschaften an Bord. Coryn Bailer-Jones hat kürzlich zusammen mit einem Kollegen des Jet Propulsion Laboratory der US-Raumfahrtbehörde NASA berechnet, wann die Sonden in den nächsten Jahrmillionen in die Nähe eines bekannten Sterns geraten. Das Ergebnis: Keine wird einem Stern näher als 0,6 Lichtjahre kommen. Den dichtesten Vorbeiflug wird *Pioneer 11* in 920 000 Jahren in dieser Distanz zu einem Zwergstern namens TYC 992-192-1 erleben.

» Das Team um Coryn Bailer-Jones hat aus *Gaias* Helligkeitsmessungen unter anderem die Temperatur für mehr als 160 Millionen ferne Sonnen bestimmt.

men in der Milchstraße bis hin zur Vermessung der Dunklen Materie.

Das Team um Coryn Bailer-Jones hat aus *Gaias* Helligkeitsmessungen die Temperatur für mehr als 160 Millionen sowie Leuchtkraft und Radius für 77 Millionen ferne Sonnen bestimmt. „Das ist der bisher größte einheitliche Satz von physikalischen Eigenschaften für Sterne“, sagt der Max-Planck-Astronom stolz. Neben den Sternen lassen sich auch Asteroiden, Galaxien und 560 000 Quasare identifizieren. Letztere sind extrem helle Zentralbereiche von Galaxien, in denen jeweils ein schwarzes Loch sitzt. Es zieht Materie aus der Umgebung an, die sich erhitzt und hell aufleuchtet.

Asteroiden zu finden – also Kleinkörper in unserem Planetensystem –, erfordert eine spezielle Auswertestrategie, weil diese sich anders als die Sterne

am Himmel vergleichsweise schnell bewegen. Rund 14 000 dieser Objekte sind bisher ins Netz gegangen. „*Gaia* kann man mit Fug und Recht als Entdeckungsmaschine bezeichnen“, sagt Bailer-Jones.

EINE WOLKE AUS MILLIARDEN VON BROCKEN

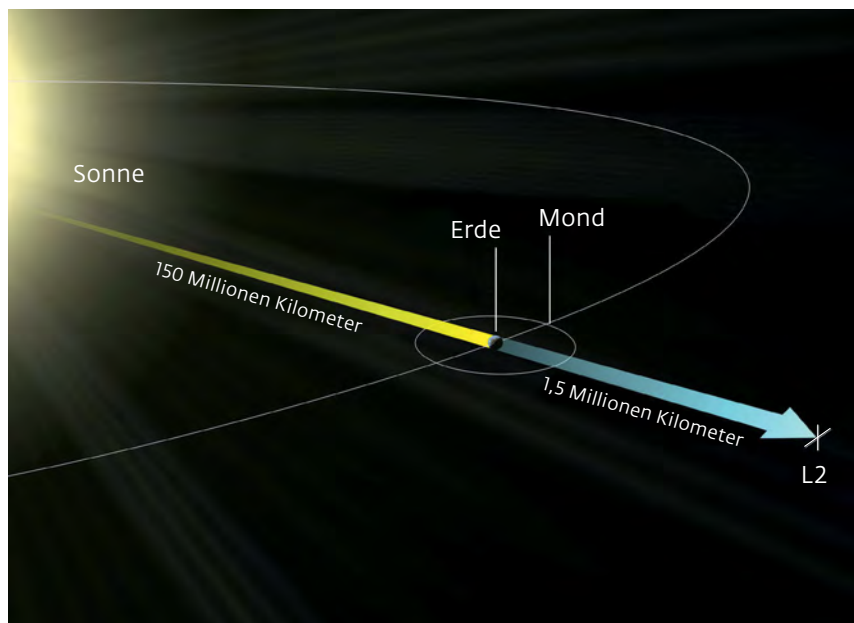
Der Heidelberger Astronom liefert zwar das Material für die Entdeckungen anderer. Er selbst hat sich aber auch ein paar Spezialgebiete geschaffen, die ihn seit Jahren interessieren. Dazu zählt die Frage, ob in der Vergangenheit Sterne nahe an der Sonne vorbeigezogen sind und dabei etwa Kometenschauer ausgelöst haben.

Die Idee dahinter ist schon alt: Unser Sonnensystem ist von einer kugelschalenförmigen Region umgeben, in der sich viele Milliarden Brocken aus

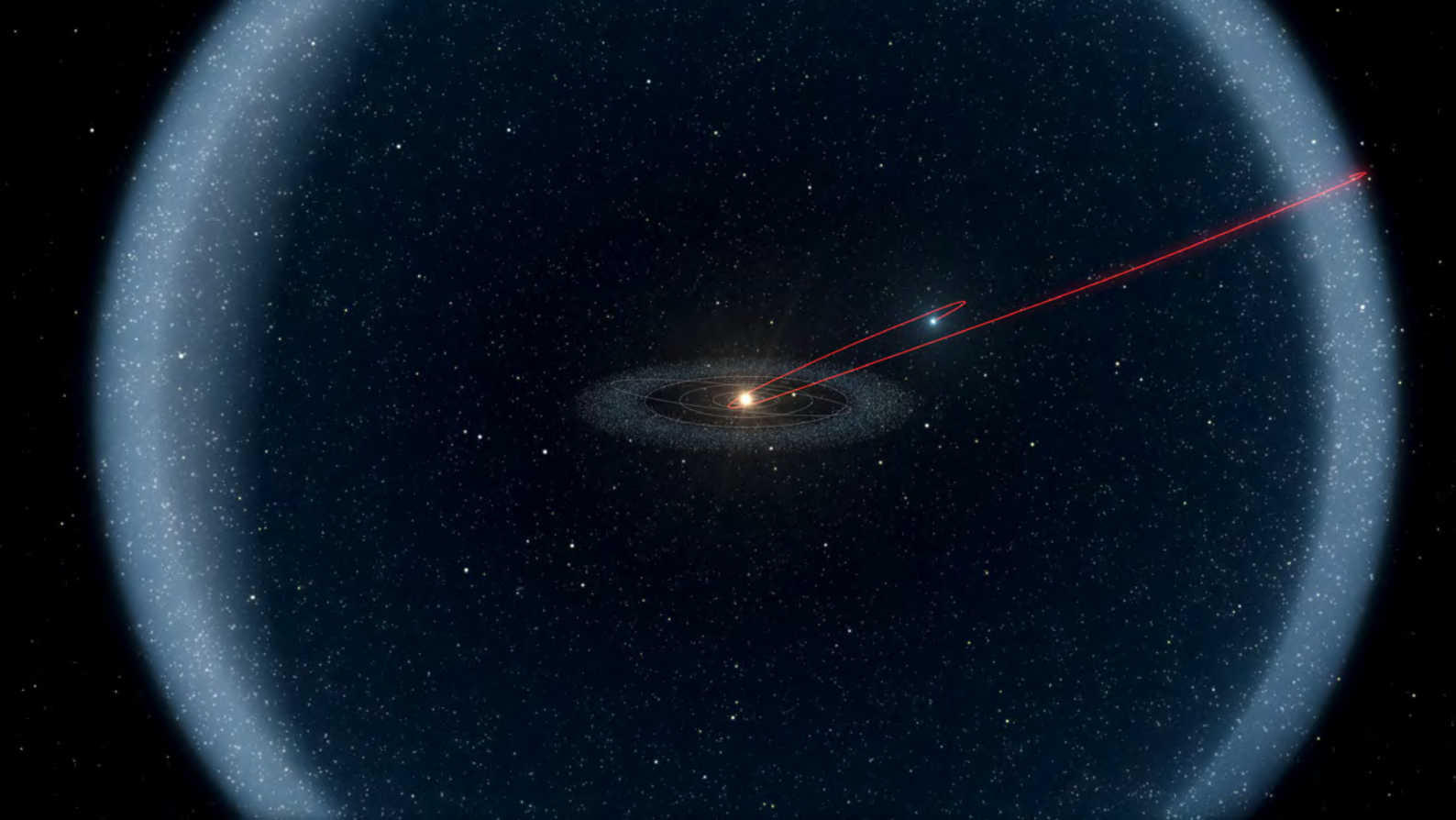
Eis und Gestein aufhalten. Astronomen nennen sie Oortsche Wolke. Normalerweise ziehen die Körper dort ungestört ihre Kreise. Fliegt aber ein Stern durch diese Wolke, so kann er mit seiner Schwerkraft einige der Körper aus ihren Bahnen schleudern. Geraten sie in Sonnennähe, so erwärmen sie sich. Eis verdampft aus dem Innern und reißt Staub mit: Ein Komet ist entstanden.

Was am Himmel faszinierend wirkt, kann aber auch verheerende Folgen haben – nämlich dann, wenn ein kilometergroßer Brocken mit der Erde zusammenstößt. Solche Ereignisse haben die Evolution des Lebens auf unserem Planeten beeinflusst. So führt man das Aussterben der Dinosaurier vor 65 Millionen Jahren zumindest zum Teil auf den Einschlag eines solchen kosmischen Körpers zurück. Allerdings ist nicht bekannt, ob der damalige Besucher ein Komet aus der Oortschen Wolke oder ein Asteroid aus dem inneren Sonnensystem war.

Die *Gaia*-Daten eignen sich in einzigartiger Weise dafür, nach Sternen zu suchen, die vielleicht solche Kometenschauer ausgelöst haben könnten – oder es in der Zukunft tun werden. Die Daten lassen sich ebenso gut in die Vergangenheit wie in die Zukunft extrapolieren. Astronomen vermuten, dass sich die Oortsche Wolke bis in 100 000 Erdbahnradien von der Sonne erstreckt. Das entspricht eineinhalb Lichtjahren und damit rund einem Drittel der Strecke bis zum erdnächsten Stern Alpha Centauri.



Draußen im All: Viele Wissenschaftssatelliten umkreisen die Erde, *Gaia* hingegen bewegt sich um den Lagrangepunkt 2 (L2). Dieser liegt etwa 1,5 Millionen Kilometer von unserem Planeten entfernt und erlaubt weitgehend störungsfreie Beobachtungen.



Kosmisches Trümmerfeld: Vor rund 70 Jahren postulierte der niederländische Astronom Jan Hendrik Oort eine kugelförmige Schale aus unzähligen Eis- und Gesteinsblöcken. Diese Oortsche Wolke soll sich bis zu eineinhalb Lichtjahre ins All erstrecken.

Coryn Bailer-Jones hat also im *Gaia*-Katalog nach Sternen gesucht, die diesen Raumbereich durchquert haben, und konnte auf diese Weise erstmals systematisch angeben, wie häufig so etwas vorkommen kann. In einer Schar von mehr als sieben Millionen Sternen identifizierte er sieben mögliche Eindringlinge. Am interessantesten ist ein Stern namens Gliese 710. „Ein alter Bekannter unserer bisherigen Untersuchungen, dessen Daten wir aber erst jetzt in ausreichender Genauigkeit haben“, sagt Bailer-Jones.

Nach seinen Berechnungen wird sich Gliese 710 in 1,3 Millionen Jahren der Sonne bis auf nur 14 000 Erdbahnradien nähern. „Außerdem ist er der Stern mit dem größten bekannten Impulsübertrag auf die Oortsche Wolke“, sagt der Astronom. Gliese 710 besitzt etwa 70 Prozent der Sonnenmasse und bewegt sich verhältnismäßig langsam, sodass genügend Zeit vorhanden ist, um Kometenkerne aus ihren Bahnen zu schleudern.

Sensationell wäre es natürlich, wenn die Forscher jenen Stern identifizieren könnten, der den Einschlag vor 65 Millionen Jahren verursachte. „Das ist

aber aus mehreren Gründen unmöglich“, erklärt Bailer-Jones. So lassen sich die Bahnen der Sterne nur innerhalb eines Zeitraums von jeweils etwa fünf Millionen Jahren in die Vergangenheit und in die Zukunft berechnen.

FREMDE STERNE ZIEHEN AN UNSERER SONNE VORBEI


Über längere Zeiträume hinweg wird das Ergebnis zu unsicher. Das liegt zum einen an der Genauigkeit der Messdaten, vor allem der Sternradialgeschwindigkeiten; zum anderen am Schwerkraftfeld der Milchstraße, in dem sich alle Sterne bewegen. Dazu tragen nicht nur die Sterne bei, sondern auch große Staubwolken und die rätselhafte Dunkle Materie. Deren räumliche Verteilung muss aus anderen Beobachtungen erschlossen werden, was sehr unsicher ist.

Überdies beobachtet *Gaia* nur Sterne innerhalb eines bestimmten Helligkeitsbereichs: Zu helle blenden den Detektor, zu lichtschwache sieht das Teleskop nicht. Die Zahl dieser entgangenen Sterne lässt sich aber aus anderen Beobachtungen abschätzen. Auf

diese Weise kommt Coryn Bailer-Jones auf eine statistische Häufigkeit, wonach im Mittel alle 200 000 Jahre ein Stern in höchstens eineinhalb Lichtjahren Abstand an der Sonne vorbeizieht. Darunter sind sehr viele Zwergsterne, die mit ihrer geringen Masse in der Oortschen Wolke kaum Verwirrung stiften können.

Bedenkt man aber, dass zwischen der Störung einer Kometenbahn und dem Eintreffen des betroffenen Kometenkerns in Erdnähe mehrere Millionen Jahre vergehen können, befindet sich die Oortsche Wolke eigentlich in ständigem Aufruhr. Auch wenn Bailer-Jones den Dinosaurierkiller wohl nie dingfest machen wird, so hat er doch erstmals solide die Häufigkeit stellarer Eindringlinge in das Kometenreservoir abgeschätzt.

Eine weitere Möglichkeit, den *Gaia*-Datenschatz für eine Analyse zu nutzen, eröffnete kürzlich ein geheimnisvoller Sternbote. Am 19. Oktober 2017 entdeckten Astronomen mit einem Teleskop auf Hawaii einen schwachen Lichtpunkt, der sich über den Himmel bewegte. Zunächst klassifizierten sie ihn als einen weiteren unter be-



Unbekannter Botschafter:
Im Oktober 2017 entdeckten
Forscher auf Hawaii einen
ungewöhnlichen Himmels-
körper, der durch unser
Planetensystem flog.
Handelte es sich um einen
Asteroiden, einen Kometen
oder gar um das Sonnensegel
einer fremden Zivilisation?
Fest steht, dass dieses
'Oumuamua genannte
Objekt von einem fernen
Stern zu uns kam.

reits 800 000 bekannten Asteroiden. Doch als sie die Bahn dieses Körpers berechneten, wunderten sie sich gewaltig.

Das Objekt bewegte sich nicht wie die Asteroiden um die Sonne, sondern flog mit einer extrem hohen Geschwindigkeit von 95 000 Kilometern pro Stunde fast senkrecht zur Ebene der Planetenbahnen aus unserem Sonnensystem hinaus. Es musste von einem fernen Stern zu uns gekommen sein, hatte das Planetensystem kurz besucht und befand sich bereits wieder auf seiner interstellaren Reise. Der Himmelskörper erhielt den Namen 'Oumuamua, die hawaiianische Bezeichnung etwa für Bote.

Nachdem die Astronomen 'Oumuamua als interstellaren Reisenden identifiziert hatten, alarmierten sie umgehend Observatorien in aller Welt, um ihn eingehend zu untersuchen, solange er sich noch in Sichtweite befand. Die Forscher fanden heraus, dass er eine ungewöhnliche Form besitzen muss, die entweder an eine Zigarre oder an einen Pfannkuchen mit 400 bis 800 Me-

ter Länge beziehungsweise Durchmesser erinnert. Er rotiert nicht fest um eine Achse, sondern taumelt durchs All.

STAMMT DER EINDRINGLING ETWA VON DER WEGA?

Umgehend stellten sich die Astronomen die Frage, woher der Eindringling wohl gekommen sein mochte. Die ersten Bahnberechnungen deuteten in die Richtung des hellen Sterns Wega im Sternbild Leier. Doch innerhalb einer Reisedauer von etwa 300 000 Jahren haben sich die Sterne weit gegeneinander verschoben, sodass sich Wega nicht in der Nähe dieser Position befand, als 'Oumuamua dort mutmaßlich startete. Das war natürlich ein klassischer Fall für *Gaia*, denn das Teleskop vermisst Sternbewegungen sehr exakt.

„Als ich von 'Oumuamua zum ersten Mal hörte, dachte ich, dass in den nächsten Tagen oder Wochen schon ein Kollege die Frage bearbeiten und veröffentlichen werde“, erinnert sich Bailer-Jones. Erste Versuche im Herbst

2017 stützten sich noch auf den ersten *Gaia*-Katalog, der für diese Analyse zu wenige Sterne besaß. Doch nachdem der zweite Katalog veröffentlicht worden war, passierte nichts.

„Mitte Juli 2018 bekam ich eine E-Mail von Karen Meech, in der sie mich fragte, ob ich die Frage nach 'Oumuamuas Herkunft nicht angehen wolle“, sagt der Heidelberger Wissenschaftler. Meech vom Institut für Astronomie der Universität von Hawaii leitete die 'Oumuamua-Forschung von Beginn an.

Umgehend machte sich Bailer-Jones an die Arbeit und verfasste zusammen mit Kollegen binnen vier Wochen eine Veröffentlichung, in der er vier Kandidaten für jenen Stern fand, bei dem 'Oumuamuas Reise vor mehr als einer Million Jahren begonnen haben könnte. Es bedurfte hierfür eines weiteren wichtigen Beobachtungsbefundes: Im Juni 2018 hatten Astronomen entdeckt, dass 'Oumuamua sich offenbar nicht ausschließlich unter dem Einfluss der Schwerkraft durch das Sonnensystem bewegte hatte. In Son-

»» Das Verfahren erinnert ein wenig an Tontaubenschießen mit Tausenden von möglichen Zielen – Astronomen sprechen lieber von Monte-Carlo-Simulationen.

nennnähe muss eine zusätzliche Kraft aufgetreten sein. Forscher kennen das von Kometen. Diese bestehen zum Teil aus Eis, das bei Erwärmung durch Sonnenlicht zu Gas wird und aus dem Kometenkern herausschießt. Dies verleiht dem Himmelskörper einen Rückstoß ähnlich einer Rakete.

AM ENDE BLEIBEN VIER KANDIDATEN ÜBRIG

Erst nachdem Bailer-Jones und Kollegen diesen Effekt berücksichtigt hatten, konnten sie die Bahn korrekt beschreiben und in die Vergangenheit zurückverfolgen. Hierfür mussten sie auch berücksichtigen, ob 'Oumuamua auf dem Weg zu uns durch die Schwerkraft anderer Sterne abgelenkt worden ist.

Für die Analyse wählte das Team zunächst 7,2 Millionen Sterne aus, von denen letztlich rund 4500 heiße Kandidaten übrig blieben. Deren Bewegungen berechneten die Forscher für die vergangenen Millionen Jahre. Das Verfahren erinnert ein wenig an Tontaubenschießen mit Tausenden von möglichen Zielen – Astronomen sprechen lieber von Monte-Carlo-Simulationen.

Letztlich machten Bailer-Jones und Kollegen vier ferne Sonnen als mögliche Herkunftsorte ausfindig. Die eine ist der rötliche Zwergstern HIP 3757. An ihm lief 'Oumuamuas Bahn vor etwas mehr als einer Million Jahren vorbei. Dem sonnenähnlichen Stern HD 292249 hat sich 'Oumuamua vor 3,8 Millionen Jahren noch etwas weiter genähert. Zwei weitere Kandidaten, über die bisher wenig bekannt ist, passierte er vor 1,1 und 6,3 Millionen Jahren. In allen Fällen lag 'Oumuamuas Bahn in einem Abstand von zwei Lichtjahren oder weniger.

Damit ist längst nicht bewiesen, dass einer dieser Kandidaten 'Oumuamuas Heimatstern war. Unklar ist zu-

dem, wie dieser aus dem System herauskatapultiert worden ist. „Er könnte sich in einem Doppelsternsystem befunden haben, und als er dem einen Stern zu nahe kam, wurde er von dessen Schwerkraft ins All geschleudert“, erklärt Coryn Bailer-Jones. Allerdings ist bei keinem der vier Kandidaten bisher ein Begleitstern bekannt. „Denkbar ist auch, dass ein Riesenplanet wie Jupiter 'Oumuamua hinausgeworfen hat.“

All diese Diskussionen sind indes müßig, wenn der Sternenwanderer sich schon vor weit mehr als fünf Millionen Jahren auf die Reise begeben hat. „Wenn das schon vor vielleicht hundert Millionen Jahren passiert ist, hat er eine halbe Runde um das Zentrum der Milch-

straße zurückgelegt, und dann lässt sich sein Weg nicht mehr zurückverfolgen“, sagt Bailer-Jones.

In zwei Jahren wird *Gaias* dritte Datenveröffentlichung erfolgen. Der neue Katalog soll dann Radialgeschwindigkeiten für die zehnfache Menge an Sternen sowie genauere Parallaxen und genauere Eigenbewegungen enthalten. Das könnte zur Identifizierung weiterer Kandidaten führen. Die Suche nach 'Oumuamuas Heimat wird also weitergehen ebenso wie die vielen anderen Forschungen mit *Gaia*-Daten. „Wir haben gerade erst begonnen, den ungeheuren Datenschatz zu sichten“, sagt Bailer-Jones. „Wir werden noch Jahrzehnte davon zehren.“ ◀

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

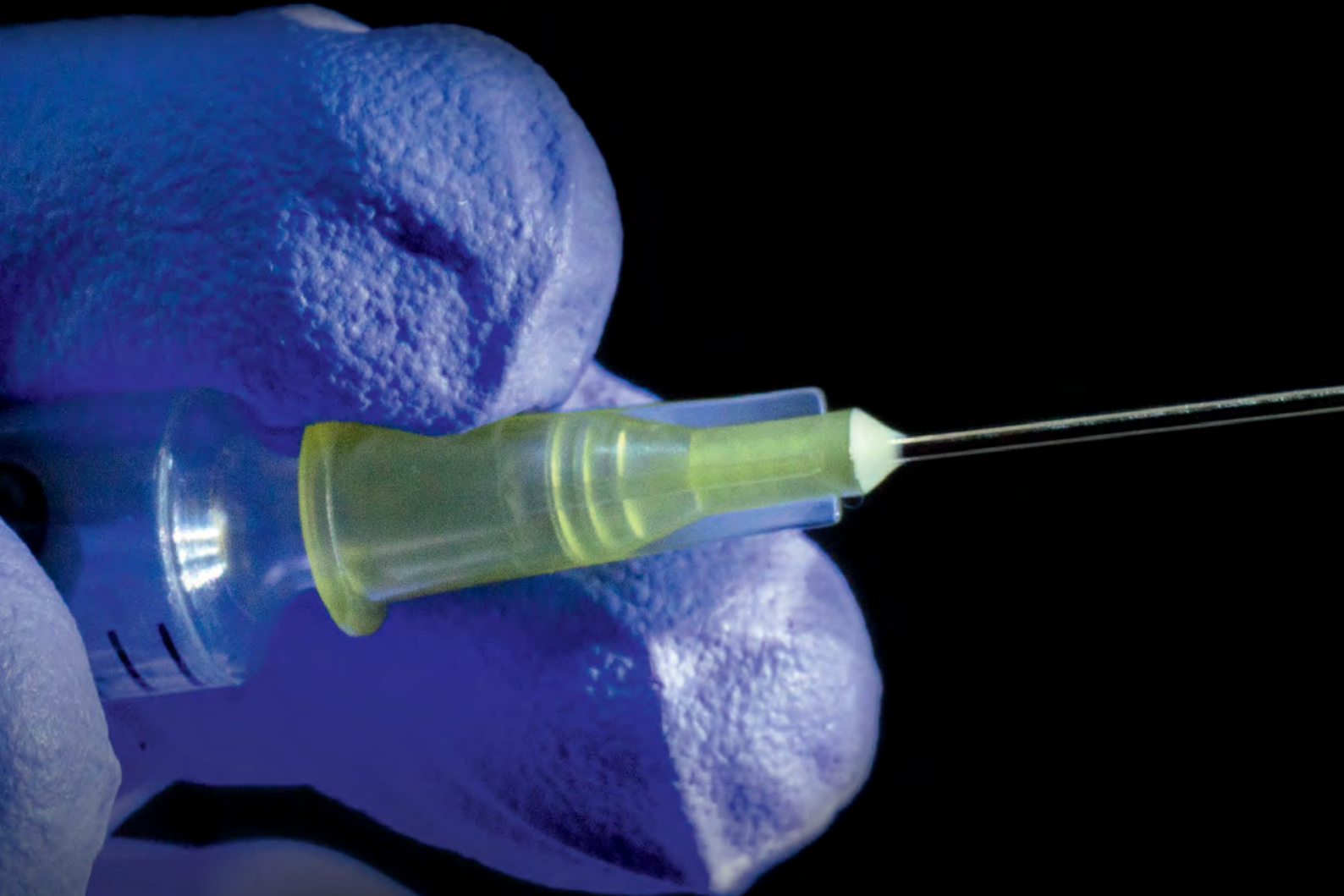
- Der europäische Astrometriesatellit *Gaia* misst von mehr als einer Milliarde Himmelskörpern Positionen, Helligkeiten, Parallaxen und Bewegungen mit bisher ungekannter Genauigkeit.
- Der Datenschatz ermöglicht tiefgehende Einblicke in Struktur und Entwicklung der Milchstraße.
- Die Bahnen von Sternen lassen sich über Millionen von Jahren in Vergangenheit und Zukunft berechnen.
- Ein Projekt galt der Herkunft von 'Oumuamua. Der Himmelskörper kam aus den Weiten des Weltalls und war vor Kurzem in unser Sonnensystem eingedrungen.

GLOSSAR

Asteroiden, häufig auch Kleinplaneten oder Planetoiden genannt, sind astronomische Kleinkörper, die auf Keplerschen Umlaufbahnen um die Sonne laufen. Sie haben in der Regel eine kartoffelförmige Gestalt und Durchmesser zwischen einigen Metern und etwa tausend Kilometern.

Astrometrie ist ein Teilgebiet der Astronomie und beschäftigt sich mit der Messung und Berechnung von sogenannten Sternörter, also den Positionen der Gestirne am Firmament. Dieser auch Positionsastrometrie genannte Zweig ist die Grundlage vieler astronomischer Forschungen, insbesondere der Himmelsmechanik.

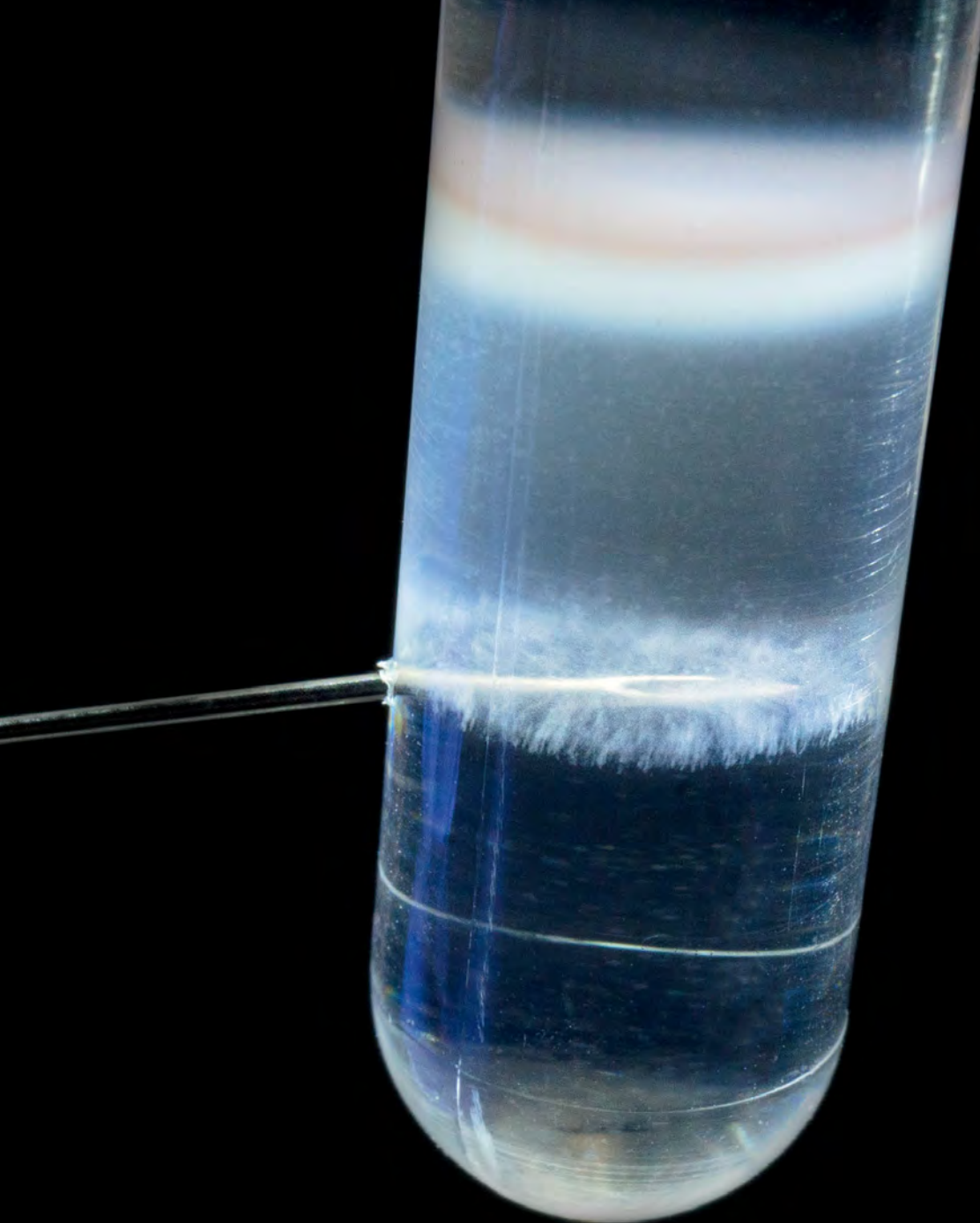
Radialgeschwindigkeit ist die Bewegung eines Sterns direkt auf den Beobachter zu oder von ihm weg. Diese Geschwindigkeit lässt sich mittels des sogenannten Dopplereffekts messen, weil sich die Wellenlänge bei Annäherung in den kurzwelligen blauen, beim Entfernen vom Betrachter in den langwelligen roten Bereich des Spektrums verschiebt.



Winzige Giganten

Viren sind unglaublich klein. Manche Exemplare fallen jedoch etwas aus dem Rahmen und werden größer als eine Bakterienzelle. **Matthias Fischer** vom **Max-Planck-Institut für medizinische Forschung** in Heidelberg ist einer der wenigen Wissenschaftler, die sich mit solchen Riesenviren beschäftigen.

TEXT **STEFANIE REINBERGER**



Riesenviren sind in etwa so groß wie Bakterien. Mit Filtern lassen sie sich daher kaum in Reinform gewinnen. Da die Viren aber trotz ähnlicher Größe eine andere Dichte aufweisen, sammeln sie sich in einer Ultrazentrifuge in einer eigenen Schicht. Wissenschaftler können sie dann mit einer Kanüle absaugen.

Ein Fläschchen mit Gewässerproben reiht sich im Labor von Matthias Fischer am Heidelberger Max-Planck-Institut neben das andere. Jedes enthält einen ganzen Mikrokosmos aus wasserlebenden Einzellern und Viren. Die Etiketten verraten die Herkunft der Proben: Günzburg, Kiel, aber auch exotischere Orte wie etwa Tallinn oder die Britischen Jungferninseln. „Die Sammlung ist das Ergebnis vieler Jahre Arbeit“, erklärt der Mikrobiologe.

Wo das bloße Auge nur Wasser erkennt, wimmelt es tatsächlich von Leben. Sichtbar wird das erst beim Blick durchs Mikroskop: Eine Fülle winziger Punkte wuselt hin und her. „Die kleinsten sind Bakterien. Sie werden von den größeren Einzellern mit Zellkern gefressen, den sogenannten Protisten. Nur ihretwegen haben wir diese Sammlung überhaupt angelegt“, erklärt Fischer. Die Protisten können nämlich von den Riesenviren befallen werden, die Fischer ja eigentlich interessieren. Und

so sucht er zusammen mit seinen Kollegen im Wasser der Donau, der Ostsee oder des Indischen Ozeans nach solchen Einzellern, die sich als Wirte für Riesenviren eignen.

VIRUS STATT BAKTERIUM

Nach unseren menschlichen Maßstäben sind Riesenviren zwar Zwerge, in der Welt der Viren dagegen sind sie Riesen. Sie sind so viel größer als andere Viren, dass Wissenschaftler sie anfangs



Die Riesenviren der Welt: In jedem Fläschchen schwimmen unzählige Einzeller und Viren aus unterschiedlichen Gewässern. Weizenkörner in den Fläschchen stimulieren das Wachstum von Bakterien, die wiederum Protisten als Nahrung dienen.

sogar mit Bakterien verwechselten. Im Wasserkreislauf eines Industriekühlturms in Bradford, Großbritannien, entdeckten 1992 Forscher den ersten Vertreter der viralen Giganten in einer Amöbe. Sie taufte das vermeintliche Bakterium zunächst Bradfordcoccus.

Erst 2003 erkannten Forscher von der Universität Marseille, dass sie es in Wahrheit mit einem Virus zu tun hatten – einem Virus, das mit einem Durchmesser von 750 Nanometern sogar größer als manche Bakterien war. Und auch sein Erbgut ist für ein Virus gigantisch: Mit 1,2 Millionen Basenpaaren übertraf es das bis dahin größte bekannte Virusgenom um das Doppelte. Rund 1000 Gene waren darin verschlüsselt. Zum Vergleich: Grippeviren oder HIV besitzen etwa ein Dutzend Gene.

ES WERDEN IMMER MEHR

Die französischen Forscher verpassten dem Riesen einen neuen, passenderen Namen: Mimivirus, von *mimicking microbe*: ein Virus, das sich als Bakterium ausgibt. Mittlerweile kennt man eine ganze Reihe weiterer Riesenviren aus Ozeanen, Salzseen, Kläranlagen, Baumrinden, Wald- oder Permafrostböden. Obwohl sich Erbgut, Aufbau und Form der Viruspartikel oft stark unterscheiden, haben sie eines gemeinsam: Sie sprengen alle Vorstellungen, die man noch vor wenigen Jahren von Viren hatte.

Unter Virusforschern galt das ungeschriebene Gesetz, dass Viren maximal 200 bis 300 Nanometer Durchmesser haben. Für die Virensuche wurden daher kleinporige Filter eingesetzt, die nur solche Vertreter durchlassen, die der gängigen Größendefinition entsprechen. So wurden Riesenviren zusammen mit Bakterien und anderen Einzellern einfach aus dem Probenmaterial

herausgefiltert und folglich schlicht und ergreifend nicht bemerkt. „Dass sie so lange unentdeckt blieben, verdanken wir also letztlich unserer eigenen Voreingenommenheit. Die Riesenviren lehren uns daher, dass wir unsere vorgefassten Meinungen immer wieder infrage stellen müssen, wenn wir wirklich Neues entdecken möchten“, sagt Matthias Fischer.

Auch wenn Riesenviren in den letzten Jahren mehr Beachtung gefunden haben, forschen weltweit noch immer nur wenige Wissenschaftler an ihnen. Das liegt daran, dass nicht nur die Viren selbst exotisch sind, sondern auch ihre Wirte. Es gibt zwar jede Menge Protisten auf der Erde, die eine wichtige Rolle in der Nahrungskette spielen. Doch nur wenige Arten sind medizinisch oder wirtschaftlich bedeutsam wie etwa die Erreger der Malaria, Schlafkrankheit und Toxoplasmose.

Das Gros der Protisten ist nach wie vor kaum erforscht. Darunter sind auch viele Wirte von Riesenviren. Daher kann sich Matthias Fischer nur mit wenigen Kollegen austauschen und auf deren Wissen und Methoden zurückgreifen. Oft funktionieren die gängigen Labormethoden bei Riesenviren und ihren Wirten nicht. Dann muss er lange tüfteln oder eine völlig neue Technik finden. „Aber dafür stehen die Chancen gut, dass wir bei jedem unserer Projekte auf etwas Unerwartetes stoßen“, schwärmt Fischer.

Man kann den 42-Jährigen als modernen Entdecker bezeichnen. Seine Augen funkeln, wenn er von den ungelösten Geheimnissen der Riesenviren spricht, und man spürt, dass er so viele wie möglich davon lüften möchte. Und Rätsel umgeben die Riesen viele. So stellt sich nicht nur die Frage, wie viele noch unentdeckt sind. Es ist auch

Das große Erbgut der Riesenviren kann Mathias Fischer auf ein Gel auftragen und mittels Pulsfeld-Elektrophorese in einzelne Bestandteile auftrennen und analysieren.

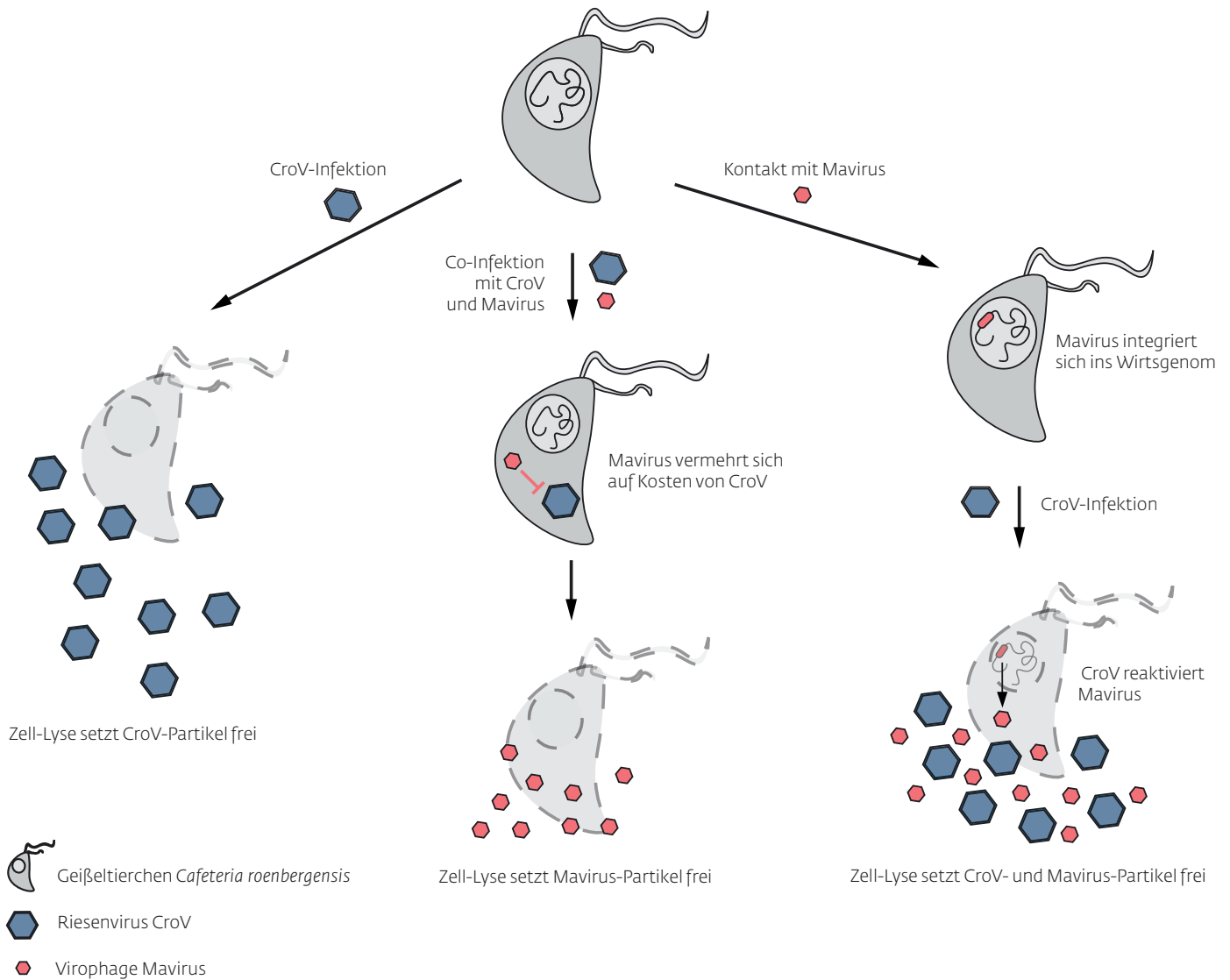
längst nicht geklärt, woher sie kommen und warum sie überhaupt so groß sind.

Die Frage nach der Abstammung spaltet die kleine Forschergemeinde seit einiger Zeit in zwei Lager. Für die einen sind Riesenviren aus Zellen entstanden, die nach und nach einen Großteil ihrer genetischen Information verloren haben. Mit dem verbliebenen Rest konnten sich die geschrumpften Zellen nicht mehr selbst vermehren, sodass sie fortan auf die Maschinerie anderer Zellen angewiesen waren. Riesenviren könnten demnach neben Bakterien, Archaeen und Eukaryoten (Zellen mit Zellkern) die Überreste einer ansonsten ausgestorbenen Domäne des Lebens sein. „Aber mittlerweile deuten unsere eigenen Forschungsergebnisse und die von Kollegen darauf hin, dass Riesenviren aus kleineren Viren entstanden sind. Sie haben immer neue Gene aus anderen Organismen eingebaut und gleichzeitig ihre eigenen Gene vervielfältigt“, sagt Fischer.

NEULAND FÜR FORSCHER

Fischers persönliches Interesse an Viren wurde geweckt, als er gegen Ende seines Biochemiestudiums in Bayreuth einen wissenschaftlichen Artikel über die Vielfalt der Viren in den Ozeanen in die Hände bekam. „Das hat mich damals total fasziniert, denn es war mir völlig neu, dass jeder Liter Meerwasser mehrere Milliarden größtenteils unbekannte Viruspartikel enthält“, erzählt Fischer. Er nahm daraufhin Kontakt mit dem Autor des Artikels, Curtis Suttle in





Ein Wirt, zwei Viren: Infiziert das Riesenvirus CroV seinen Wirt, das Geißeltierchen *Cafeteria roenbergensis*, vermehrt es sich in der Zelle und tötet diese am Ende der Infektion (links). Wird das Geißeltierchen gleichzeitig mit CroV und dem Virophagen Mavirus infiziert, hemmt das Mavirus das Riesenvirus. Außerdem kann sich der Virophage unter diesen Umständen in der Zelle vermehren. Die infizierte Zelle stirbt zwar trotzdem, doch weitere Wirtszellen sind durch die Freisetzung neuer Maviren vor einem Befall durch CroV geschützt (Mitte). Das Mavirus allein kann sich im Geißeltierchen nicht vermehren, aber es baut sich selbst in das Erbgut seines Wirtes ein, wo es viele Generationen überdauern kann (rechts).

Vancouver, auf. „Ich bewarb mich um eine Promotionsstelle, flog hin und blieb für sechs Jahre.“

Damit waren die Weichen für Fischers weitere wissenschaftliche Laufbahn gestellt. Die ersten Jahre in Vancouver erforderten eine Menge Durchhaltevermögen. Der junge Doktorand aus Deutschland sollte ein neues Virus untersuchen, das *Cafeteria roenbergensis*-Virus (CroV), das, wie sich später herausstellte, zur selben Familie wie die Mimiviren gehört und

einen Einzeller namens *Cafeteria roenbergensis* infiziert. Diese im Meer weit verbreitete Art gehört zum Zooplankton, ernährt sich von Bakterien und ist einer der zahlreichsten Räuber auf unserem Planeten.

GIFTIGE DNA

Zu dem Zeitpunkt war das Riesenvirus bereits seit einigen Jahren bekannt, aber nicht weiter untersucht worden. Das zu ändern, war Fischers Aufgabe.

»» Das kleine Virus funktioniert wie ein Abwehrsystem, mit dem sich die Geißeltierchen vor dem Riesenvirus schützen. Nicht alle Viren sind also Parasiten, zwischen manchen Viren und Wirten besteht vielmehr eine Symbiose zum beiderseitigen Nutzen.

Doch er schien zunächst wenig Glück zu haben. Sein Versuch scheiterte, das Erbgut des Virus dadurch zu entschlüsseln, dass er es in Bakterien einbaute, um es zu vermehren und dann Stück für Stück zu entziffern. Die Virus-DNA war für die Bakterien toxisch. Erst Jahre später konnte er das Virusgenom mit seinen mehr als 600 000 Buchstaben dank neuer Technologien entschlüsseln.

Doch Fischer kämpfte noch mit anderen Problemen: Die Virusausbeute aus seinen Experimenten war oft so gering, dass er damit nicht weiterarbeiten konnte. Letztlich aber führte genau dieser Umstand zu einer wichtigen Entdeckung, die den Wissenschaftler noch heute beschäftigt. Fischer erkannte, dass CroV selbst von einem wesentlich kleineren Virus befallen wird, einem sogenannten Virophagen mit dem Namen Mavirus. Es kann sich innerhalb der Wirtszelle nur dann vermehren, wenn diese auch von CroV befallen ist. Dabei verhindert es, dass neue Riesenviren entstehen.

Das Faszinierende: Mavirus kommt seinem Wirt *Cafeteria roenbergensis* zu Hilfe – aber auf indirekte Weise. Der Einzeller stirbt nämlich normalerweise, wenn er von CroV befallen wird. Das Virus hat einen sogenannten lytischen Infektionszyklus: Hat es sich ausreichend vermehrt, platzt die Wirtszelle, und der virale Nachwuchs wird freigesetzt. Wird CroV jedoch schnell genug vom kleineren Mavirus befallen, entlässt die Zelle nur neue Maviren, aber keine CroV-Partikel. Für die infizierte Zelle selbst macht das keinen Unter-

schied, wohl aber für die noch nicht infizierten Nachbarzellen: Sie bleiben von einer CroV-Infektion verschont, und die Population überlebt.

SCHUTZ FÜR DIE ARTGENOSSEN

„Das kleine Virus funktioniert also wie ein altruistisches Abwehrsystem der Wirtszelle, um die Artgenossen vor dem Riesenvirus zu schützen“, beschreibt Fischer. „Es scheint unter Mikroorganismen ein weit verbreitetes Prinzip zu sein, dass einzelne Individuen geopfert werden, um das Überleben der Population als Ganzes zu sichern.“ Nicht alle Viren sind also Parasiten, zwischen *Cafeteria roenbergensis* und den Maviren besteht vielmehr eine Symbiose zum beiderseitigen Nutzen.

Der Wissenschaftler wollte genauer wissen, was es mit diesem Zusammenspiel auf sich hat. Er begann daher, mit seinem Team den Infektionszyklus des Mavirus im Detail zu untersuchen. Dabei entdeckten die Heidelberger Max-Planck-Forscher Erstaunliches: Das kleine Virus benutzt ein Protein, eine sogenannte Integrase, um sein eigenes Erbgut in das der Wirtszelle einzufügen. Dieses Enzym kannte man bislang nur von Retroviren wie HIV und verwandten springenden parasitären Genen – sogenannten Transposons –, aber nicht von DNA-Viren wie Virophagen.

Im Fall von Mavirus ist das nur folgerichtig. Wenn es nämlich beim Einbau seines Erbguts nicht auf CroV angewiesen ist, kann es auch ohne das Riesenvirus von Zellgeneration zu Zellgeneration weitergegeben werden. „Da-



Partikel des Riesenvirus CroV (blau) und des Virophagen Mavirus (rot).

durch ist sichergestellt, dass Mavirus leichter zur Stelle sein kann, wenn ein passendes Riesenvirus eine Wirtszelle befällt“, so Fischer. Lediglich zur Vermehrung benötigt der Virophage das Riesenvirus und dessen Vervielfältigungsmaschinerie.

PARASITEN SIND ALLGEGENWÄRTIG

Aber spielt das, was Fischer im Labor beobachtet hat, wirklich eine Rolle in den natürlichen Ökosystemen? Dazu analysiert der Forscher *Cafeteria roenbergensis*-Genome aus Wasserproben verschiedener Ozeane. In allen hat er bislang das Mavirus entdeckt. Und nicht nur das: Auch andere Virophagen finden sich im Erbgut des Einzellers. Manche eingebaute DNA ist dem Mavirus sehr ähnlich, andere stammt wahrscheinlich von bislang unbekanntem Virophagen. Einige der Virophagen-Genome sind zudem von Transposons unterbrochen. Sogar Virophagen, die ja selbst Parasiten von Parasiten sind, haben also ihre eigenen Parasiten.

Stück für Stück entschlüsseln Fischer und sein Team eine ineinander verschlungene Kette aus Einzellern, Viren und parasitären DNA-Elementen. Aber letztlich ist genau das für den Heidelberger Forscher der springende Punkt. „Parasiten, die andere Parasiten befallen, sind in der Natur weit verbreitet“, betont Fischer. „Sie sind ein wichtiger Motor der Evolution.“ Denn jeder Parasit hinterlässt Spuren in seinem Wirt. Sei es, weil dieser sich anpassen muss oder weil er sich Fähigkeiten seines Parasiten einverleibt und dessen Erbgut in sein eigenes integriert.

Parasiten sind demnach ein sehr direkter Weg, wie neue Erbinformation

und damit neue Eigenschaften in einen Organismus gelangen können. Dieser sogenannte horizontale Gentransfer durch Viren spielt besonders in der Evolution von Mikroorganismen eine entscheidende Rolle.

Genau das mag also die treibende Kraft dafür gewesen sein, als aus kleinen Viren im Zuge der Evolution Riesenviren entstanden sind. Aber letztlich gilt das Prinzip für alle Lebewesen. Denn auch das menschliche Genom

ist durchsetzt von solchen Elementen: von Transposons etwa oder von Überresten von Viren. Das heißt, auch an der Entwicklung des Menschen waren Viren und andere Parasiten maßgeblich beteiligt. „Dieses Erkenntnis ist unglaublich spannend“, sagt Fischer. „Auch wenn unsere Forschung an Riesenviren und Virophagen auf den ersten Blick exotisch erscheint, lernen wir dadurch viel über allgemeingültige Vorgänge der Evolution.“ ◀

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- **Riesenviren können mehr als 1000 Gene enthalten und sind vermutlich aus kleineren Viren hervorgegangen, die Erbgut ihrer Wirte übernommen und zudem eigene Gene vervielfältigt haben.**
- **Riesenviren sind hauptsächlich Parasiten von einzelligen Eukaryoten (Protisten). Aber auch sie selbst haben manchmal unter Parasiten zu leiden: Virophagen nutzen die Riesen, um sich in der Wirtszelle zu vermehren.**
- **Mit ihrer Fähigkeit, eigene Gene in fremdes Erbgut einzubauen, verändern manche Viren das Genom ihrer Wirte und treiben so die Evolution voran.**

GLOSSAR

Riesenviren: Diese ungewöhnlich komplexen Viren befallen hauptsächlich einzellige Eukaryoten. Die Größten unter ihnen sind ca. zwei Mikrometer lang und enthalten mehr als 1000 Gene, deren Funktion die Riesenviren in vielen biochemischen Prozessen von der Wirtszelle unabhängig machen. Die Partikel (Kapside) von Riesenviren bestehen aus mehreren Schichten mit Hunderten von Proteinen und speziellen Austrittsöffnungen für das verpackte Virusgenom. Trotz ihrer globalen Verbreitung und Vielfalt ist die ökologische Rolle von Riesenviren noch unerforscht.

Transposons: DNA-Abschnitte, die ihre Position im Erbgut verändern können. Sie werden auch als „springende Gene“ bezeichnet, obwohl sie oft mehrere Gene enthalten. Transposons, die sich über ein RNA-Zwischenstadium vermehren, werden als Retrotransposons bezeichnet. Retrotransposons sind wohl auch der Ursprung der Retroviren, die sich ebenfalls in das Erbgut des Wirts einbauen, diesen aber auch als komplettes Virus verlassen können.

Virophagen: Bislang sind nur eine Handvoll Virophagen bekannt; neben dem Mavirus etwa noch Sputnik und Zamilon, die mit Mimiviren entdeckt wurden. Virophagen können sich nur dann in der gemeinsamen Wirtszelle vermehren, wenn diese gleichzeitig mit dem passenden Riesenvirus infiziert ist. Die Virophagen nutzen die Enzyme, mit denen das Riesenvirus normalerweise seine eigenen Gene abliest, und vermehren sich so auf dessen Kosten. Virophagen sind also Parasiten von Riesenviren und können ihren Wirtszellen dadurch nützlich sein.

Zeichen setzen!



Für Ingo Barth als Gehörlosen sind Begriffe wie »Tunnelionisation« im Wissenschaftsalltag eine kommunikative Hürde, weil es dafür keine Gebärde gibt. Die Stiftung unterstützt sein Projekt »Sign2MINT« am Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik, damit erstmals ein deutsches MINT-Fachgebärdlexikon entwickelt und unsere Forschungslandschaft so chancengerechter und vielfältiger wird.

ANZEIGE

Die Max-Planck-Förderstiftung unterstützt seit über zehn Jahren die Max-Planck-Gesellschaft, indem sie an den mehr als 80 Instituten gezielt innovative und zukunftsweisende Spitzenforschung fördert und so Durchbrüche in der Wissenschaft ermöglicht. Im weltweiten Wettbewerb der Wissenschaften können Sie als privater Förderer einen entscheidenden Unterschied machen und Freiräume schaffen. Gehen Sie mit uns diesen Weg!



MAX PLANCK FÖRDERSTIFTUNG
FOUNDATION

www.maxplanckfoundation.org

Max-Planck-Förderstiftung

Deutsche Bank

IBAN DE46 7007 0010 0195 3306 00

Umtriebige Forscherin: Anja Feldmann arbeitet mit Begeisterung und ist viel unterwegs. Zwischen- durch vertieft sie sich aber auch mal in ein Computerspiel, um den Kopf frei zu bekommen.



Parforceritt über Datenbahnen

Wir benutzen es heute so selbstverständlich wie den Kühlschrank. Doch damit das Internet auch trotz der ständigen Neuerungen funktioniert, entwickeln Forscherinnen und Forscher es mit viel Arbeit unablässig weiter. **Anja Feldmann**, Direktorin am **Max-Planck-Institut für Informatik** in Saarbrücken, ist eine von ihnen. Manche Probleme knackt sie aber nur, wenn sie ihre Aufmerksamkeit erst einmal ganz ihrem Hobby gewidmet hat.



TEXT **KLAUS JACOB**

Sie kennt die Klischees alle: Informatiker sind Nerds; sie hämmern in Kapuzenpullis unablässig auf ihren Tastaturen herum und kommen nur selten aus ihren finsternen Kellerlöchern heraus. Sie ernähren sich grundsätzlich von Fast Food, greifen nur zur Not zu Kamm und Seife – und natürlich sind sie männlich.

Anja Feldmann straft diese Vorurteile Lügen. Die 53 Jahre alte Informatikerin sitzt in einem hellen Büro in der fünften Etage mit großen Fenstern, die den Blick ins Grüne öffnen. Sie arbeitet zwar viel und mit Begeisterung, doch sie kennt nicht nur ihre Wissenschaft. Ständige Arbeit, sagt sie, erhöhe nicht unbedingt die Produktivität. Nach einer Pause sehe man die Dinge in einem anderen Licht und könne „dreimal so viel“ erreichen. Deshalb vertieft sie sich zwischendurch manch-

mal in ein Computerspiel, den Großteil ihrer Freizeit verbringt sie jedoch auf dem Reiterhof.

Mit leuchtenden Augen zeigt sie auf ihrem Handy Fotos ihrer drei Pferde. Reiten ist ihr Ausgleich, „um den Kopf frei zu bekommen“. Sie sitzt nicht nur im Sattel, sondern manchmal auch auf dem Bock ihrer eigenen Kutsche. So kann sie auch Gäste mitnehmen, die mit dem Pferdesport nicht vertraut sind.

IN DER SCHULE AUF DEN GESCHMACK GEKOMMEN

Anja Feldmann ist es gelungen, in einem Fach Karriere zu machen, das von Männern dominiert wird. Allerdings glaubt sie nicht, dass den Frauen in diesem Metier per se Steine in den Weg gelegt werden. „Ich persönlich hatte eher Vorteile, weil mir Mentoren Türen geöffnet haben“, sagt sie. Großspu-

rige Reden und Selbstdarstellung liegen ihr nicht, sie antwortet stets knapp und präzise. Mit ihrer Art hat sie es weit gebracht – sie ist eine der weltweit führenden Forscherinnen auf ihrem Gebiet. Sie hat mehrere Preise gewonnen, darunter den mit 2,5 Millionen Euro dotierten Leibniz-Preis, den wichtigsten Forschungsförderpreis in Deutschland. Seit 2018 arbeitet sie als Direktorin am Max-Planck-Institut für Informatik in Saarbrücken.

In die Wiege gelegt wurde ihr dieser Werdegang nicht. Der Vater arbeitete als Verkaufsingenieur, die Mutter zunächst als Hausfrau, dann als Verkäuferin. Ein Informatik-Grundkurs in der Oberstufe brachte sie auf den Geschmack. Aber auch das Fach Chemie machte ihr großen Spaß. So schwankte sie bei der Studienwahl zwischen den beiden Fächern – und entschied sich am Ende für die Informatik, weil ihr



Genau wie beim Autoverkehr geht es im Internet darum, Staus zu vermeiden. Auch hier verändern sich ständig die Rahmenbedingungen: immer mehr Nutzer, immer mehr angeschlossene Geräte, immer neue Anwendungen.

beim Chemiestudium eine Promotion geradezu Pflicht zu sein schien und sie sich darauf nicht von vornherein festlegen wollte.

Als Stipendiatin der Studienstiftung des deutschen Volkes hatte sie während des Studiums Gelegenheit, an Sommerakademien etwa am Bodensee oder in Italien teilzunehmen und damit erste internationale Erfahrungen zu sammeln. Ihre Diplomarbeit schrieb sie in Paderborn bei Thomas Lengauer, dem sie Jahrzehnte später abermals begegnete. Denn Lengauer wechselte ans Max-Planck-Institut für Informatik, wo er bis vor knapp zwei Jahren tätig war. Es war genau der Posten, den Feldmann kürzlich übernommen hat.

INTERNET UND STRASSENNETZ ERFORDERN PLANUNG

Nach dem Diplom wollte Feldmann etwas Neues kennenlernen. In Bielefeld war sie aufgewachsen, in Paderborn hatte sie studiert. Jetzt fasste sie die USA als Ziel ins Auge. Eigentlich wollte sie nur ein Jahr bleiben, doch es wurden zehn.

Sie promovierte an der Carnegie Mellon University in Pittsburgh, Pennsylvania. Die Eliteuniversität gilt als eine der Top-Adressen für die Informatik. Nach der Promotion stand wieder eine Entscheidung an: zurück nach Deutschland oder in der US-Industrie praktische Erfahrungen sammeln? Sie bekam ein Angebot der AT&T Bell Laboratories, weltweit bekannt durch ihre ausgezeichnete Informatikforschung. Das wollte Feldmann nicht ablehnen.

Hier in New Jersey fand sie den Forschungsgegenstand, mit dem sie sich seither beschäftigt: das Internet. Für Laien ist es wahrscheinlich schwer zu verstehen, dass man über Jahrzehnte

ausschließlich die globalen Datenströme erforschen kann. Denn kaum jemand dürfte sich Gedanken darüber machen, wie das Internet funktioniert. Es ist längst so selbstverständlich wie der Kühlschrank. Doch dahinter stehen viel Überlegung und viel Arbeit.

Anja Feldmann vergleicht das Datennetz mit dem Straßennetz, das auch ständige Planung erfordert, weil sich täglich Details ändern. Manchmal genügt es, dass eine Ampel anders geschaltet wird, etwa um der Straßbahn Vorfahrt zu geben – und schon kommt der Fluss ins Stocken. Dann suchen sich viele Fahrer möglicherweise neue Wege und schleichen durch Wohngebiete, sodass Verkehrsplaner abermals gefragt sind. Und das ist nur ein ganz kleiner Aspekt im riesigen Straßennetz. Kurz: Die Arbeit geht nie aus. Bei der ständigen Weiterentwicklung des Internets ist das nicht anders.

Genau wie beim Autoverkehr geht es im Internet darum, Staus zu vermeiden. Auch hier verändern sich ständig die Rahmenbedingungen: immer mehr Nutzer, immer mehr angeschlossene Geräte, immer neue Anwendungen wie Netflix oder Youtube, die mehr Verkehr erzeugen. Und nicht zuletzt soll im Netz auch noch die große Freiheit herrschen. Eigentlich ist es erstaunlich, dass das Internet überhaupt noch funktioniert. „Ursprünglich war es nicht komplizierter als fünf Supercomputer“, sagt Feldmann. Dann wurde verändert, erweitert und geflickt, um der wachsenden Datenströme Herr zu werden. Nicht immer kam dabei das Optimum heraus.

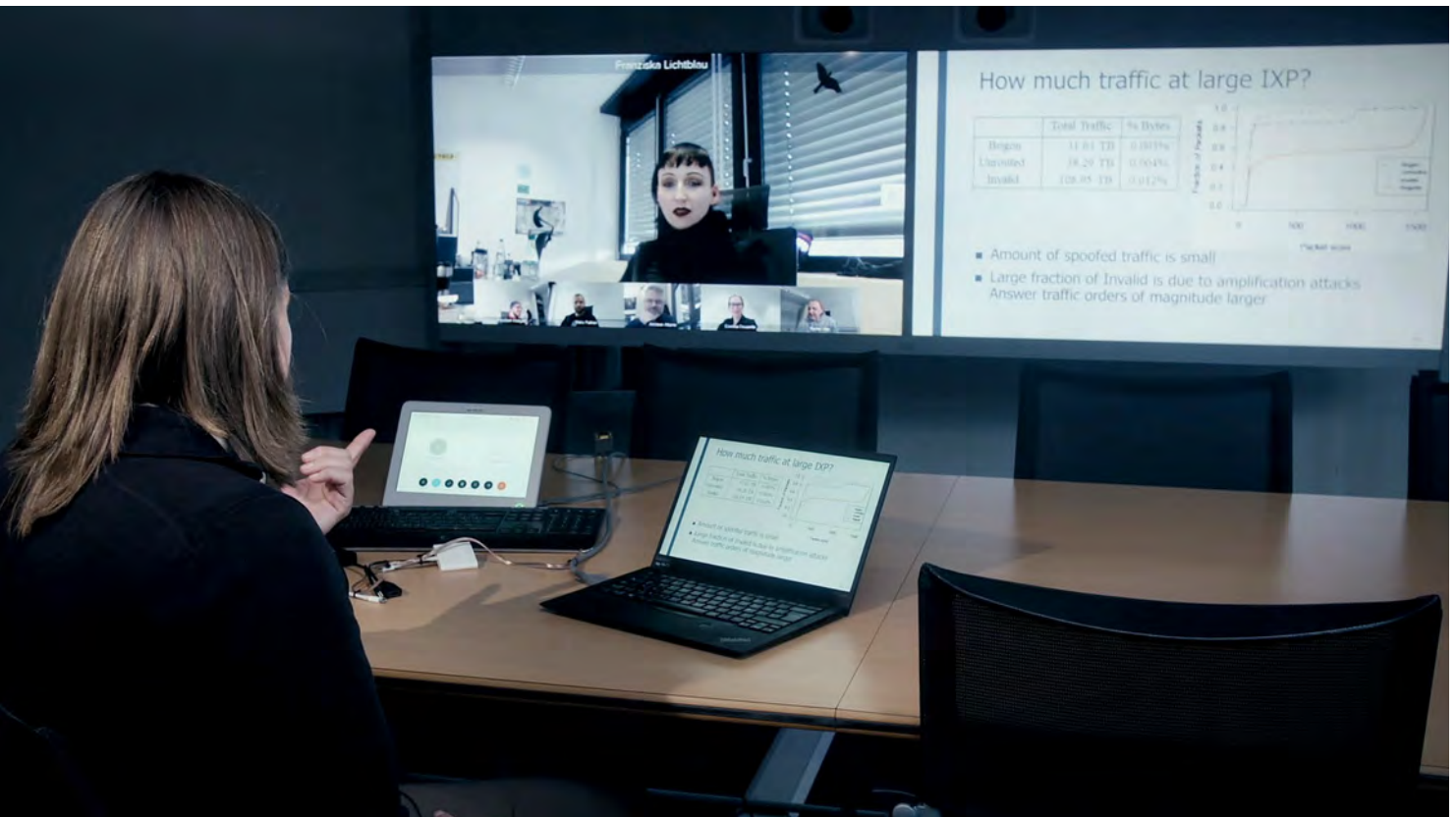
Hätten die Pioniere gewusst, welche Dimensionen ihre Schöpfung annehmen würde, hätten sie vielleicht ein anderes Konzept gewählt. Manche Experten haben schon darüber nachgedacht,

ein ganz neues Netz ohne die Schwächen des heutigen Systems aufzubauen. Auch Feldmann hat sich an solchen Überlegungen beteiligt – eine Investition in die Zukunft. Denn heute wäre die Aufgabe kaum zu realisieren, vor allem weil sich derzeit kaum sämtliche Daten innerhalb eines Wimpernschlags vom alten auf das neue System schaukeln ließen. Das wäre aber erforderlich, um ein Chaos zu vermeiden. So müssen wir bis auf Weiteres mit dem vielfach reparierten Oldtimer vorliebnehmen. „Never change a running system“, sagt Feldmann lapidar.

DATEN SOLLEN KEINE LANGEN UMWEGE MACHEN

Allerdings ist das Netz „inzwischen so komplex, dass wir es nicht mehr auf Anhieb verstehen – und daher analysieren müssen“. Deshalb sucht sie in den Datenflüssen zunächst nach Engpässen, Staus und Datenverlusten, um dann Lösungen zu finden. Bei ihrer Arbeit geht es etwa darum, dass Daten keine langen Umwege machen. Denn es hat keinen Sinn, dass eine Mail von Hamburg nach China läuft, um letztlich in Berlin anzukommen. Jeder Umweg vergrößert den Datenstrom und kann die Leitungen verstopfen.

Zu Feldmanns Forschungsgebiet gehört auch die Sicherheit, die von erheblicher Bedeutung ist. Denn das Internet ist für die Gesellschaft längst essenziell geworden, ähnlich wie der Blutkreislauf für den Menschen. Um das zu veranschaulichen, stellt Feldmann zwei simple Fragen: „Haben wir noch Strom ohne Internet? Haben wir noch Wasser?“ Tatsächlich funktioniert ohne den globalen Datenfluss inzwischen kaum noch etwas. Die gesamte Infrastruktur



Verkehrsplanung fürs Internet: Wie sich Staus im Datenverkehr vermeiden lassen, diskutiert Anja Feldmann mit Kollegen in aller Welt. Um zu prüfen, ob die Konzepte funktionieren, müssen die Forscher aber auch programmieren.



Fotos: Stills aus dem Film über Anja Feldmann von: Vodafone Stiftung für Forschung

würde zusammenbrechen. „Wir hängen von diesem System ab, das muss man sich bewusst machen“, sagt sie. Und die Gefahr eines Crashes ist groß: „Ich bin mir sicher: Wenn einige Leute wollten, könnten sie das Netz morgen lahmlegen. Und das sind nicht nur staatliche Player.“

Nach einem Jahrzehnt in den USA kehrte sie nach Deutschland zurück, zum einen weil sie gerne wieder in der Nähe ihrer Familie und Freunde leben wollte und zum anderen weil sie sich eine Professur inzwischen gut vorstellen konnte. Die bekam sie dann auch gleich: an der Universität Saarbrücken, nur einen Steinwurf von ihrem heutigen Arbeitsplatz entfernt. Doch sie blieb nur zweieinhalb Jahre. Sowohl die TU München als auch die ETH Zürich wollten sie gewinnen. Feldmann entschied sich für München – „eine Bauchentscheidung“, wie sie sagt. „Ich wollte in Deutschland bleiben und in einer größeren Stadt arbeiten.“ Sie übernahm den Lehrstuhl für Netzwerkarchitekturen.

In der bayrischen Metropole fühlte sie sich wohl, auch die fruchtbare Zusammenarbeit mit dem Leibniz-Rechenzentrum machte ihr Spaß. „Ich



Generell liebt sie die Arbeit mit Studenten und Doktoranden aus aller Welt, an Forschungsaufgaben und in der Lehre. Ihre Berliner Doktoranden schenken ihr irgendwann ein Schaukelpferd. Es war ein dezenter Hinweis, das Privatleben nicht zu vernachlässigen. Der Wink kam an: Feldmann besuchte wieder eine Reitschule und kaufte später sogar ein eigenes Pferd.

PFERDESPORT ALS HOBBY, ABER MIT ANSPRUCH BETRIEBEN

„Ich dachte eigentlich, ich könnte kein Haustier haben, weil ich so oft unterwegs bin“, sagt sie. Doch bei einem Pferd, das im Mietstall steht, ist die Grundversorgung gesichert, sodass Feldmann problemlos eine Woche fortbleiben konnte. Inzwischen besitzt Feldmann drei Pferde: eine Stute, die auch die Dressur beherrscht, und zwei Wallache, die sie als Fohlen bekam. Den drei Tieren gerecht zu werden, ist eine Herausforderung, die Anja Feldmann aber gerne annimmt. So verbringt sie viele der Abende, an denen sie nicht verweist ist, mit Reiten oder den Arbeiten im Stall: „Oft werde ich zwischen 18 und 19 Uhr ungeduldig, weil ich zu den Pferden will.“

Die Informatikerin betreibt den Pferdesport zwar als Hobby, aber mit Anspruch. Ihre Tiere sollen rundum trainiert sein, auch kleine Sprünge im Gelände und Grundsritte der Dressur beherrschen. Auch vor der Kutsche sollen sie parieren. Dass es im Pferdesport auf ganz andere Qualitäten ankommt als in ihrem Beruf, macht ihr Hobby für Feldmann zur gesunden Ablenkung.

„Wenn ich mit den Pferden zusammen bin, habe ich keine Zeit, über fachliche Probleme nachzudenken. Die Tiere erfordern meine ganze Aufmerk-

Gesunde Ablenkung: Beim Reiten etwa mit ihrer Stute Fontana kann Anja Feldmann nicht an ihre Forschung denken, weil das Pferd ihre ganze Aufmerksamkeit verlangt. Anschließend kann sie manches fachliche Problem umso besser lösen.

hätte nicht gedacht, dass ich dort weggehe“, sagt sie. Doch dann gründete die Deutsche Telekom eine Stiftungsprofessur an der TU Berlin und stattete sie sehr gut aus. Die Kombination von Industrieunternehmen und Universität, von Praxis und Theorie, reizte Feldmann so sehr, dass sie ihre Planung über den Haufen warf. Sie hoffte, in der Zusammenarbeit mit dem Unternehmen einen noch besseren Einblick in die aktuellen Netzprobleme zu bekommen. So zog sie vor 13 Jahren nach Berlin.

In München hatte Feldmann den Reitsport für sich entdeckt. Doch mit dem Wechsel nach Berlin schloss sie dieses Kapitel zunächst einmal. Mit großem Eifer stürzte sie sich in die Arbeit.

Fotos: Stills aus dem Film über Anja Feldmann von: Vodafone Stiftung für Forschung

» Mit ihrer Begeisterung will sie auch junge Leute für ihr Fach gewinnen. Schüler und Studenten sollten neugierig darauf sein, zumal das Fachgebiet immer wichtiger wird.

samkeit.“ Das versteht man, wenn man mit ihr in der Kutsche fährt – etwa mit dem Wallach Phönix. Feldmann wollte ihn zunächst gar nicht kaufen, konnte ihm aber nicht widerstehen, nachdem sie ihn kennengelernt hatte. Bei der Kutschfahrt über Feldwege achtet sie ständig auf das Pferd, damit es nicht macht, was es will. Das geht auch nicht anders, denn auf den schmalen Wegen kommt ihr schon mal ein Traktor entgegen, und sie muss die Kutsche auf der Stelle wenden.

In Berlin, im Stiftungslehrstuhl „Intelligente Netze und Management“, arbeitete Feldmann Tür an Tür mit Telekom-Mitarbeitern. Bei ihrer Arbeit ging es auch darum, die Netz-Infrastruktur des Unternehmens zu optimieren. „Wir haben viele nützliche Ideen geliefert, die der Telekom Geld gespart haben“, sagt sie. Schon damals konzipierte sie etwa die Virtualisierung der Home-Gateways. Damit lässt sich der private Router mit einem zweiten Kanal auch öffentlich nutzen. Heute arbeiten Unternehmen wie Telekom, Vodafone oder O2 mit diesem Konzept.

Die Stiftungsprofessur lief nach knapp sieben Jahren aus. Es war die Zeit, als sich alles nur noch um Apps drehte. „Eine neue App, eine neue App“, sagt Feldmann und zuckt leicht spöttisch die Schultern. Sie blieb beim Internet als ihrem Thema und bei ihrem Lehrstuhl an der TU Berlin.

Schon vorher stieg sie bei SAP in den Aufsichtsrat ein. Wieder einmal thematisierte die Presse ihr Geschlecht. Denn sie war in dem Gremium die erste Frau auf Arbeitgeberseite. Über die Gründe macht sich Feldmann nichts vor: Damals machte die Politik Druck, die Männerdominanz in den Aufsichtsräten der DAX-Konzerne zu brechen. Der SAP-Mitgründer und Auf-

sichtsratsvorsitzende Hasso Plattner schlug deshalb Anja Feldmann vor. Mit der Materie, über die sie im Aufsichtsrat dreimal im Jahr debattierten, hatte sie keine Probleme. „SAP-Produkte und -Plattformen sind auch nichts anderes als komplexe Systeme, die programmiert werden müssen, wobei zum Beispiel auf entsprechende Sicherheitsanforderungen zu achten ist – wie im Internet.“

Vor knapp zwei Jahren wechselte sie dann schließlich nach Saarbrücken ans Max-Planck-Institut für Informatik, um mit einer guten Grundfinanzierung Grundlagenforschung betreiben zu können. Außerdem wollte sie der überbordenden Bürokratie an der Universität und der großen Belastung, die Vorlesungen mit oftmals mehr als 800 Studierenden bedeuten, entkommen.

MIT CHIRURGENBESTECK GEGEN DIE FLUT VON ANFRAGEN

Auch hier betreibt sie weiterhin Big-Data-Analysen, um Engpässe und Sicherheitsprobleme im Internet zu finden. Wie vertrackt ihre Arbeit ist, zeigt ein Beispiel: Es kommt immer wieder vor, dass Hacker ein Unternehmen mit einer Flut von Anfragen bombardieren und so den Datenverkehr zum Erliegen bringen, weil sie den Server überlasten. Experten sprechen von einer Distributed-Denial-of-Service-Attacke (DDoS). Für viele kommerzielle Nutzer, etwa einen Internethändler, ist ein solcher Angriff eine Katastrophe, weil seine Arbeitsgrundlage wegbricht. Und die Zahl der Attacken nimmt ständig zu.

Was tun? Bisher greifen die Experten zu drastischen Maßnahmen: Sie ziehen das ganze Rechenzentrum, in dem der attackierte Server steht, aus dem Verkehr, bis wieder Ruhe eingekehrt ist.

Sie ziehen gewissermaßen den Stecker. Damit schneiden sie aber auch anderen Nutzern den Weg durchs Internet ab. Das sei ein „Schlachterwerkzeug“, sagt Feldmann, kein Chirurgenbesteck. Sie suchte daher zusammen mit Kollegen der TU Berlin und des deutschen Internetknotens DE-CIX nach einem Weg, den Angreifer gezielt aus dem Datenstrom herauszufiltern – und das ohne große Kosten.

Ihr Ansatz heißt Advanced Blackholing. Es ist gewissermaßen ein neues Verkehrsschild und wird an allen Internetroutern aufgestellt, die Datenpakete der Attacke transportieren. Mit ihm lässt sich exakt regeln, welche Datenpakete von welchen Absendern an welche Empfänger bearbeitet werden sollen. Man kann die herausgefilterten Daten umleiten oder, wie im Fall einer DDoS-Attacke sinnvoll, einfach löschen. Dieses chirurgische Messer hat sich im Praxistest bereits bewährt, doch es erzeugt ein neues Problem: Kriminelle könnten das Verkehrsschild für gezielte Angriffe nutzen. Sie könnten etwa einen bestimmten Nutzer vom Netz ausschalten oder interessante Daten umleiten, um sie auszuspionieren.

Dieses Beispiel ist typisch für das Internet: Jede Änderung bringt neue Herausforderungen. Genau das aber fasziniert Feldmann: „Es wird nie langweilig.“ Mit ihrer Begeisterung will sie auch junge Leute für ihr Fach gewinnen. Schüler und Studenten sollten neugierig darauf sein, zumal das Fachgebiet immer wichtiger wird. Denn die Digitalisierung dringt in immer mehr Bereiche vor. Wer sich für die Informatik entscheidet, könne sich abstrakten Aufgaben ebenso widmen wie praktischen, sagt Anja Feldmann. „Entscheidend ist, dass man eine Aufgabe findet, die einen so fasziniert, dass man sich gerne reinkniet.“ ◀

Partner in der Tiefsee

In einem Forschungslabor Bedingungen wie in der Tiefsee zu schaffen, ist wahrlich eine Meisterleistung. **Gunter Wegener** beherrscht diese Kunst. Zusammen mit seinem Team vom **Max-Planck-Institut für marine Mikrobiologie** in Bremen möchte er herausfinden, wie Mikroorganismen am Meeresgrund Methan und andere Kohlenwasserstoffe abbauen.

TEXT **KLAUS WILHELM**

Das Häufchen Schlamm, das den Startpunkt des wissenschaftlichen Abenteurers von Gunter Wegener bildet, stammt aus den Tiefen des Meeres. 2009 tauchte Wegener mit einem Forschungs-U-Boot im Guaymas-Becken im Golf von Kalifornien und entnahm in 2000 Metern Tiefe Proben vom Meeresgrund.

„Ich schreibe gerade für ein Kapitel in einem der Standardwerke der Mikrobiologie“, sagt Wegener. „Lehrbuchwissen zu schaffen, das ist für mich schon immer ein Traum gewesen.“ Im betreffenden Kapitel geht es um den Abbau von Erdgas durch Mikroorganismen ohne Sauerstoff – Wissenschaftler wür-

den sagen: die anaerobe Oxidation von Methan – und was Wegener darüber herausgefunden hat.

Im Zentrum der Erkenntnisse von Gunter Wegener und seinem Team steht eine Lebensgemeinschaft sogenannter Archaeen und Bakterien im Meeresboden. Diese fühlen sich erst dann wohl, wenn es richtig heiß ist. Archaeen sind Organismen, die zwar wie Bakterien aussehen, sich aber genetisch fundamental von diesen unterscheiden. Wissenschaftler stellen sie deshalb in eine eigenständige Domäne im Stammbaum des Lebens.

Wie Mikroorganismen Erdgas ohne Sauerstoff abbauen und welche das tun, war bis zu jener Tauchfahrt im Golf von

Im Guaymas Basin im Golf von Kalifornien strömt in 2000 Metern Tiefe salzhaltiges Wasser aus dem Meeresboden und formt Türme aus Mineralien. In den gelben Bakterienmatten (im Bildhintergrund) gibt es Lebensgemeinschaften aus Bakterien und Archaeen. Auf seinen Tauchfahrten mit dem Forschungs-U-Boot Alvin hat Gunter Wegener Proben genommen und die darin lebenden Mikroben im Labor kultiviert.



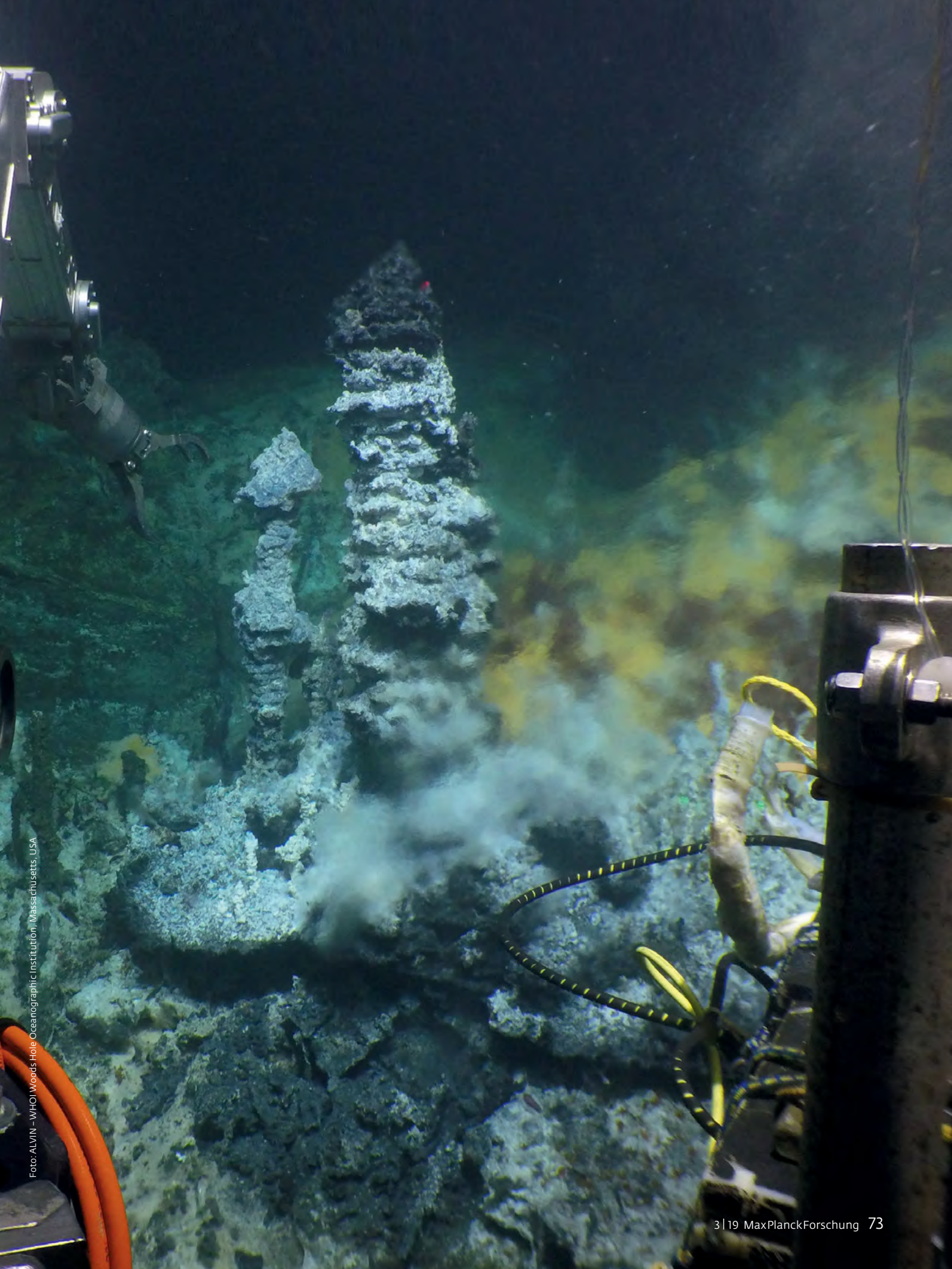


Foto: ALVIN - WHOI Woods Hole Oceanographic Institution, Massachusetts, USA



Archaeen leisten einen wichtigen Beitrag zum Auf- und Abbau von Kohlenwasserstoffen auf der Erde.

Kalifornien nicht bekannt. Im Guaymas-Becken entstehen durch geologische Aktivitäten der Erdkruste große Mengen von Methan. Trotzdem steigt nur wenig von dem Treibhausgas auf und gelangt in die Atmosphäre. Wissenschaftler vermuteten deshalb, dass es einen Organismus geben müsse, der das Methan abbaut. Aber erst im Jahr 2000 konnte Antje Boetius am Bremer Max-Planck-Institut nachweisen, dass ein Verbund aus Archaeen und Bakterien das Methan umwandelt – und das ohne Sauerstoff, den es tief im Meeresboden nicht gibt.

Offenbar können manche Archaeen Methan oxidieren und so Energie gewinnen. Am Ende der Reaktionskette entsteht Karbonat. Die Bakterien wiederum profitieren davon, weil sie Sulfat und ein damals unbekanntes Zwischenprodukt nutzen, das bei der Methanoxidation anfällt. „Sie reduzieren Sulfat zu Sulfid“, wie Wegener wissenschaftlich korrekt sagt.

Das Problem: Boetius und ihre Kollegen haben die Lebensgemeinschaften zwischen Methan oxidierenden Archaeen und Sulfat reduzierenden Bakterien nur in kalten Lebensräumen mit Temperaturen von minus 1,5 bis 20 Grad gefunden. Die daran beteiligten Organismen allerdings vermehren sich unfassbar langsam: einmal in sechs Monaten. Im Labor lassen sich mit diesem Tempo diese Organismen kaum kultivieren und Stoffwechselvorgänge wie der Methanabbau analysieren.

Archaeen aus heißen Biotopen wie im Guaymas-Becken haben es vermeh-

rungstechisch eiliger, das war schon länger bekannt. Manch methanogene Spezies kann unter Druck auch bei über 100 Grad Methan herstellen. Und weil der anaerobe Methanabbau der Methanogenese biochemisch sehr ähnlich ist, hatte Wegener die leise Hoffnung, dass er in dem Häufchen Schlamm fündig werden und die mysteriösen Methanfresser ausfindig machen könnte.

DIE KUNST, MIKROBEN ZU ZÜCHTEN

Dem Forscherteam am Max-Planck-Institut gelang es, aus dem Schlamm die gesuchten Archaeen zu gewinnen und zu kultivieren. „An sich war das ja gar nicht so schwierig“, sagt Wegener, „man braucht dafür eigentlich nur zwei Dinge: Zeit und Geduld.“ Weil beides heute Mangelware ist, ist die Kunst der Kultivierung von Mikroorganismen unter Wegeners Kollegen etwas in den Hintergrund gerückt. Stattdessen haben sich Forscher stärker darauf konzentriert, das Erbgut aller in einer Wasser- oder Bodenprobe enthaltenen Organismen zu sammeln, zu entschlüsseln und wieder einzelnen Lebewesen zuzuordnen. Diese auch Metagenomik genannte Methode liefert einen schnellen, aber eher oberflächlichen Einblick in die Fähigkeiten von Organismen.

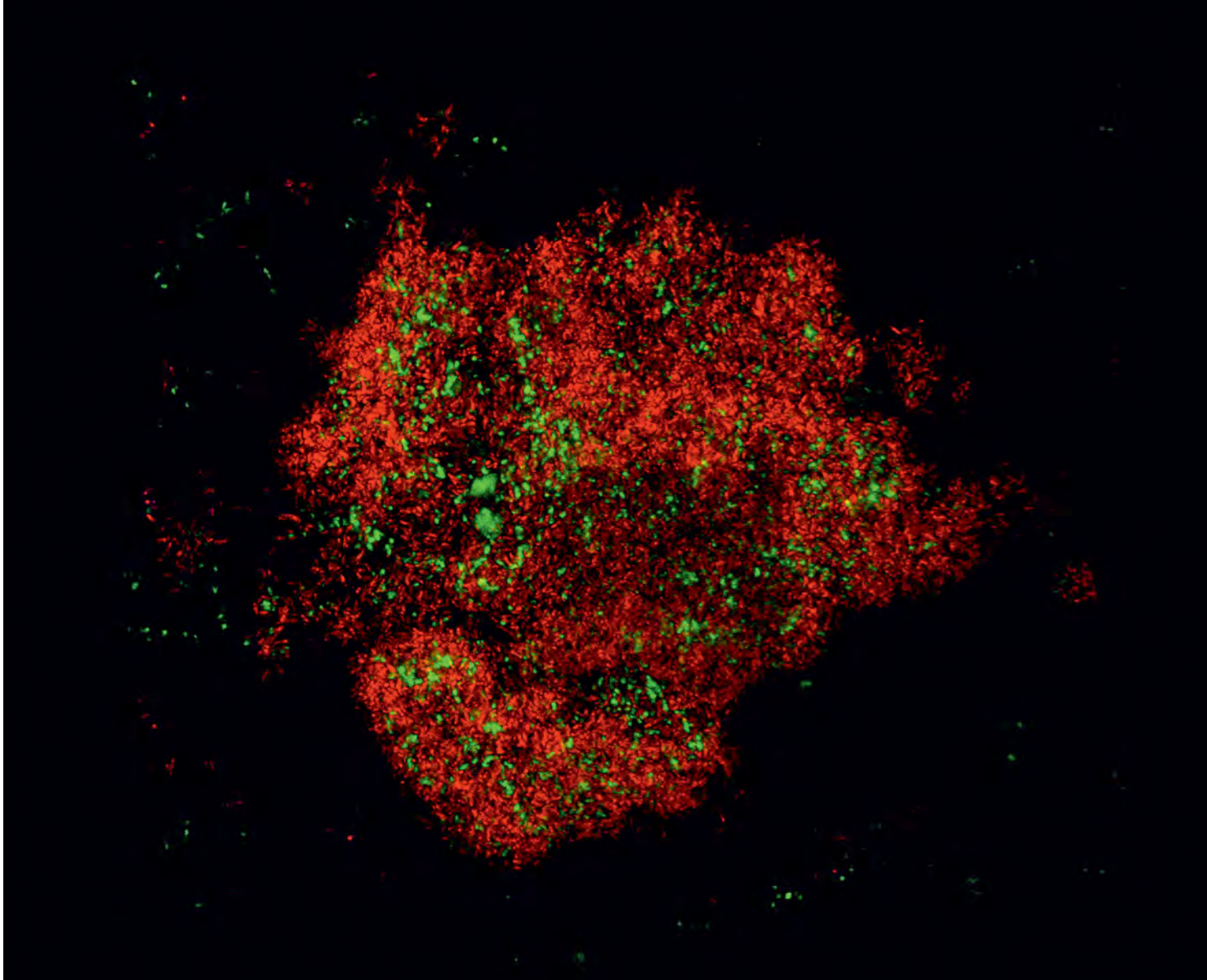
Im Bremer Max-Planck-Institut dümpeln die Mikroben völlig sauerstofffrei in kleinen Flaschen mit künstlichem Meerwasser. „Die Kunst besteht darin, einfach nichts zu unternehmen und nur zu warten“, erklärt der gebürtige Harzer.

„Frühestens nach fünf Wochen schaue ich dann das erste Mal nach.“ Eine Erfolgsformel bis heute und für Wegener ein Wettbewerbsvorteil gegenüber jenen Wissenschaftlern, die unter dem Druck kurzer Vertragslaufzeiten stehen.

Anderthalb Jahre mussten sich Wegener und seine Kollegen gedulden, bis sie die Mikroben zuverlässig vermehren konnten. Erst dann hatten sie eine stabile Kultur ohne Sedimente für ihre Untersuchungen. Ihre Erfahrungen zeigen, dass die Gemeinschaft aus Archaeen und Bakterien im Guaymas-Becken Methan optimal bei 50 Grad oxidiert, dies aber auch noch bei 70 Grad beherrscht. Bei optimaler Temperatur verdoppeln sich die Mikroben etwa alle zwei Monate – deutlich schneller als ihre Verwandten aus kalten Meeresgebieten.

Die Mikrobengemeinschaften bestehen aus Methan oxidierenden Archaeen, die als ANME-1 (ANAerobe MEthanabbauer) bezeichnet werden, und *Desulfoterrivida auxili*, dem wärmeliebenden Sulfat reduzierenden Helferbakterium. Die beiden Partner bilden Aggregate aus vielen Tausend Zellen, die zuweilen in einer kettenförmigen Hülle eine Art Wohngemeinschaft bilden.

Im Anschluss an diese erste Erkenntnis ging es in den folgenden Jahren Schlag auf Schlag. Zunächst zeigten die Wissenschaftler auf, dass die Methan oxidierenden Archaeen die gleichen Enzyme wie ihre Methan erzeugenden Verwandten nutzen, allerdings in umgekehrter Richtung. Der Katalysator für die Aktivierung von Methan ist die



Methyl-Coenzym-M-Reduktase. Die Archaeen stellen es in großen Mengen her. In diesem Enzym wird das Methanmolekül mit der Schwefelverbindung Coenzym M zu Methyl-Coenzym M verknüpft und in weiteren Reaktionen komplett zu Kohlendioxid und schließlich Karbonat umgesetzt.

STROMKABEL VERBINDEN DIE ZELLEN

Doch was hält die Partnerschaft aus Archaeen und Bakterien zusammen? Wegeners spektakuläre Antwort: „Winzige Kabel aus Proteinen.“ Bei der Oxidation des Methans setzen die Archaeen positiv geladene Protonen und negativ geladene Elektronen frei. Durch die mikroskopisch kleinen Stromkabel können die Teilchen in die Bakterienzellen fließen und dort zur Sulfatreduktion benutzt werden.

Dieselben Bakterien sind auch in anderen mikrobiellen Lebensgemeinschaften zu finden. Sie leben zum Beispiel auch mit Archaeen namens *Syntrophoarchaeum* zusammen, die statt Methan Butan abbauen, wie Wegener mit seinen Kollegen herausfand. Überraschenderweise nutzt auch *Syntrophoarchaeum* Methyl-Coenzym-M-Reduktasen. Bis dahin war die Fachwelt davon ausgegangen, dass diese Enzyme ausschließlich den Methanstoffwechsel ermöglichen. Doch Wegener und sein Mitarbeiter Rafael Laso-Pérez haben neue Varianten dieses Enzyms entdeckt, die Moleküle mit mehreren Kohlenstoffatomen aktivieren.

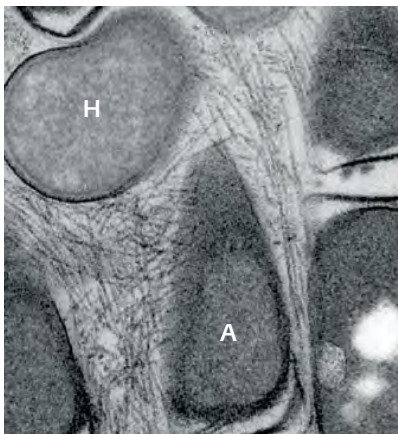
Mit der Hilfe dieses Stoffwechselweges bauen die neu entdeckten Archaeen auch Propan und Ethan ab – also all die kurzkettigen Kohlenwasserstoffgase, die im Guaymas-Becken aus dem Meeresgrund aufsteigen. Die Ent-

Mikrobengemeinschaft unter dem Fluoreszenzmikroskop: Während die Archaeen (rot) Butan zu Kohlendioxid umwandeln, verwerten ihre Partnerbakterien (grün) Sulfat.



Oben Laso-Pérez und Wegener müssen ihre Mikroben an das Leben im Labor gewöhnen, um ihren Stoffwechsel untersuchen zu können. Mit viel Geduld haben die Forscher deshalb Techniken entwickelt, damit sich die Mikroorganismen auch ohne Tiefseeschlamm wohlfühlen.

Unten Methan oxidierende Lebensgemeinschaft unter dem Elektronenmikroskop. Durch die kabelähnlichen Strukturen fließen vermutlich Elektronen von den Archaeen (A) zu den Bakterien (H). Dadurch können die Archaeen Methan in Kohlendioxid und die Bakterien Sulfat in Schwefelwasserstoff umwandeln.



deckung hat ein ganz neues Forschungsfeld eröffnet: Seit den Funden von Wegeners Team haben mehrere Forscher Methyl-Coenzym-M-Reduktasen in anderen Archaeen nachgewiesen. „Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Archaeen eine wichtigere Rolle im Kreislauf der Kohlenwasserstoffe spielen als bisher angenommen“, meint Laso-Pérez.

WEITVERBREITETE GENE

Dass die Bremer Wissenschaftler damit richtigliegen könnten, zeigt die Analyse von Genom-Datenbanken, die Wegener zusammen mit einem Kollegen von der Jiaotong-Universität Shanghai nach Gensequenzen für Methyl-Coenzym-M-Reduktasen durchforstet hat. Darin stießen die Forscher auf etliche bislang unbekannte Gene, die die Informationen zur Herstellung dieser Enzyme tragen. Mithilfe der neuen Gene rekonstruierten die Forscher dann in der Masse der vorhandenen Sequenzen das Erbgut der zugehörigen Organismen. Zur Überraschung der Forscher besitzen viele zuvor un-

bekannte Archaeen-Stämme die Gene des Methanstoffwechsels.

Was die Mikroben mit den Enzymen genau machen, ist noch nicht geklärt. Einige scheinen Methan zu erzeugen, andere abzubauen. „Vermutlich haben wir die ersten Archaeen entdeckt, die Methan ohne Partnerbakterien mit Sulfat nutzen können“, erklärt Gunter Wegener. Die bei der Oxidation freigesetzten Elektronen werden dann vermutlich auf Empfängerstoffe übertragen, zum Beispiel oxidiertes Eisen (Rost) oder andere Metalloxide.

Als Nächstes möchte Wegener Proben aus Ölquellen im Nordosten Chinas analysieren. Die darin enthaltenen Organismen sollen Erdöl zu Methan umwandeln können – möglicherweise mithilfe von Methyl-Coenzym-M-Reduktasen: „Wir wollen diese Hypothese testen und als Erste diese Organismen kultivieren.“

Wegener will sich aber künftig nicht nur auf Grundlagenforschung konzentrieren, sondern auch auf mögliche Anwendungen seiner Erkenntnisse. Dazu zählt beispielsweise die Bildung von Ethan mithilfe von Archaeen. Anders als das heute weitverbreitete und industri-

ell hergestellte Methan ist Ethan nämlich kein Treibhausgas, das die Erderwärmung weiter vorantreibt.

Doch trotz aller Anstrengungen wurden bislang in der Natur keine Organismen gefunden, die Ethan oder andere kurzkettige Kohlenwasserstoffe produzieren. Die von Wegener im Guaymas-Becken entdeckten Mikroben bauen das Ethan nur ab. „Aber so wie beim Methan die gleichen Enzyme an Abbau und Bildung beteiligt sind, müsste auch die Herstellung von Ethan ähnlich wie der Abbau funktionieren“, so Wegener.

Deshalb will Gunter Wegener mit anderen Forschern Archaeen genetisch so verändern, dass die Mikroben Ethan produzieren. Was mit einem kleinen Haufen Schlamm begann, könnte dann eines Tages zum Ausgangsstoff für Kunststoffe oder klimaverträglichen Treibstoff für Autos werden. ◀

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Im Meeresboden der Tiefsee bilden manche Bakterien und Archaeen eine Lebensgemeinschaft. Während die Archaeen Energie aus der Umwandlung von Methan gewinnen, ziehen die Bakterien sie aus dem Sulfatabbau.
- Die Archaeen- und Bakterienzellen sind miteinander über winzige Zellfortsätze verbunden. Durch diese Mikrokabel können die bei der Methanoxidation anfallenden Elektronen zu den Bakterien fließen, die diese zur Reduktion von Sulfat benötigen.
- Ein Schlüsselenzym des Methanabbaus ist die Methyl-Coenzym-M-Reduktase. Varianten des Enzyms, die auch andere Kohlenwasserstoffe wie Ethan aktivieren können, könnten helfen, klimafreundlichere Treibstoffe zu erzeugen.

GLOSSAR

Archaeen: Die Domäne der Archaeen ist so reichhaltig und divers wie die Domäne der Bakterien. Fast monatlich kommt ein neuer Zweig im Stammbaum dieser Organismen hinzu. Um die Jahrtausendwende zählten Fachleute nur zwei Hauptlinien: die hitze liebenden Crenarchaeota und die Euryarchaeota. Dann kamen die Nanoarchaeen hinzu und etliche mit den Crenarchaeota verwandte Zweige. Anders als früher angenommen, leben Archaeen nicht nur in extremen Umwelten wie heißen Quellen, sondern auch in gemäßigten Lebensräumen. Dort werden sie jedoch zahlenmäßig von anderen Organismen übertrumpft und deshalb oftmals nicht berücksichtigt. Archaeen besitzen für die Natur große Bedeutung, denn sie sind an allen wesentlichen Stoffkreisläufen beteiligt.

WORLD'S FASTEST

4MPX

Ultrahigh-speed cameras for intense research and development needs.

v2640 6,600 fps at 2048x1920 pixels
12,500 fps at 1920x1080 pixels

- Extreme image detail
- Highest sensitivity in its class
- Very low noise at 7e-
- High dynamic range at 64,1 dB
- 1 μ s exposure (142ns option)
- Multi-mode flexibility



HSVISION
the speedcam company

Phantom Exclusive Distribution in DACH

www.hsvision.de

High Speed Vision GmbH | Pforzheimer Strasse 128 A | 76275 Ettlingen Germany
phone: +49 (0)7243 94757-0 | fax: +49 (0)7243 94757-29 | email: info@hsvision.de

Das Virus aus dem Keller

Der theoretische Physiker **Max Delbrück** gilt als Mitbegründer der Molekulargenetik. Den Weg zur Biologie schlägt er in den 1930er-Jahren während seiner Assistentenzeit am **Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie** ein. Für seine Arbeiten zur genetischen Struktur und zur Vermehrung von Viren wird er vor 50 Jahren mit dem Medizin-Nobelpreis ausgezeichnet.

TEXT **ELKE MAIER**

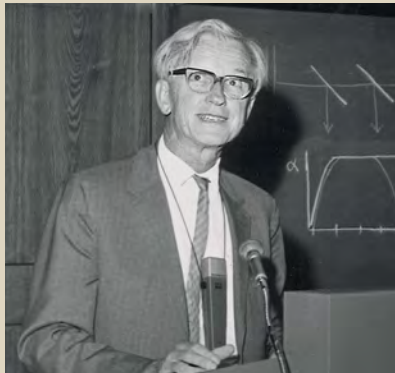
Pasadena, 13. Oktober 1969. Am frühen Montagmorgen klingelt im Hause Delbrück in der Oakdale Street 1510 das Telefon. Der Anruf kommt aus Schweden: Das Nobelkomitee des Karolinska-Instituts gratuliert Max Delbrück zum Nobelpreis für Physiologie oder Medizin, welcher ihm gemeinsam mit Salvador E. Luria und Alfred D. Hershey verliehen worden ist.

Als Delbrück von einem Journalisten zu seinem ersten Gedanken nach diesem Anruf befragt wird, antwortet er: „Diese Leute in Stockholm sollten sich klarmachen, dass eine Zeitdifferenz von neun Stunden zwischen Schweden und Kalifornien besteht. Es ist eine schreckliche Sache, einen Menschen anzurufen, bevor er gefrühstückt hat.“

Max Delbrück kommt am 4. September 1906 als jüngstes von sieben Geschwistern in einer gebildeten Familie in Berlin zur Welt. Sein Vater ist der Historiker Hans Delbrück, sein Urgroßvater der Chemiker Justus von Liebig, Begründer der organischen Chemie. Im Jahr 1924 beginnt Max Delbrück ein Astronomiestudium. Nach Stationen in Tübingen, Berlin und Bonn kommt er nach Göttingen, damals Zentrum einer aufregenden neuen Wissenschaftsrichtung: der Quantenmechanik.

So wechselt Delbrück von den Weiten des Kosmos in die Welt der Atome. Er promoviert bei Max Born in theoretischer Physik und ergattert ein Stipendium der Rockefeller-Stiftung. Das ermöglicht ihm, bei Niels Bohr in Kopenhagen und bei Wolfgang Pauli in Zürich zu arbeiten.

Am 15. August 1932 nimmt seine Forscherkarriere eine radikale Wende. Auf einer internationalen Konferenz für Lichttherapie in Kopenhagen hält Niels Bohr einen Vortrag zum Thema „Licht und Leben“. Ähnlich wie in der Atomphysik, in der ein Elektron entweder als Welle oder Teilchen, aber niemals als beides gesehen werden könne, gebe es auch in der Biologie eine Komplementarität der Beobachtungstandpunkte, so Bohr. Unter den Zuhörern sitzt auch der junge Max Delbrück. Fasziniert von Bohrs Ideen beschließt er, nach der „elementaren Tatsache des Lebens“ zu suchen.



In zwei Welten zu Hause: Max Delbrück betrachtet biologische Fragen von der Warte eines Physikers.

Im selben Jahr übernimmt Max Delbrück eine Stelle als Assistent von Lise Meitner am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie in Berlin-Dahlem. Dort kümmert er sich um seine Aufgaben als „Haus- und Hofmathematiker und -theoretiker“. Später räumt er ein, Versuchsergebnisse falsch interpretiert und so die Entdeckung der Kernspaltung um Jahre verzögert zu haben. In der Freizeit widmet er sich seiner neuen Leidenschaft: der Biologie.

In seinem Elternhaus in der Kunz-Buntschuh-Straße in Grunewald organisiert Max Delbrück private Treffen mit Gleichgesinnten: Die vierstündigen Sitzungen „fanden in Papas großem Arbeitszimmer statt, in das ich damals schon eingezogen war. Wir hatten ein altes Schneiderbrett schwarz bemalt

und an zwei Garderobenständern als Wandtafel aufgehängt. Wir saßen in sehr bequemen Stühlen und Sofas und trafen uns etwa um vier Uhr nachmittags. [...] Wenn die meisten dann so um halb acht oder acht gegangen waren, blieb noch der eine oder andere zum Abendbrot mit meiner Mutter [...]“

Mit von der Partie ist auch der russische Genetiker Nikolaj V. Timoféeff-Ressovsky, der am Kaiser-Wilhelm-Institut für Hirnforschung in Berlin-Buch arbeitet. Dort experimentiert er mit Röntgenstrahlen, um Mutationen im Erbgut der Taufliege *Drosophila* zu erzeugen. Gemeinsam mit Timoféeff-Ressovsky und dem Physiker Karl Günther Zimmer veröffentlicht Max Delbrück im Jahr 1935 eine Arbeit „Über die Natur der Genmutation und der Genstruktur“.

Erstmals beschreiben die drei Wissenschaftler darin das Gen – bis dahin eine abstrakte Einheit – als einen Atomverband, innerhalb dessen aufgrund von Atomumlagerung oder Bindungsdissoziation Mutationen stattfinden können. Dieses berühmte „Dreimännerbuch“ – bekannt auch als das „grüne Pamphlet“ – öffnet die Tür zur modernen Genetik.

Der Erfolg verhilft Max Delbrück zu einem zweiten Rockefeller-Stipendium, mit dem er nach Kalifornien geht. Am California Institute of Technology (Caltech) in Pasadena arbeitet er bei dem *Drosophila*-Genetiker und Medizin-Nobelpreisträger Thomas H.

Mondlandefähre im Miniaturformat: Ein Phage hat sich auf einem Bakterium niedergelassen, um sein Erbgut einzuschleusen.

Morgan. Bald aber erkennt er, dass ihn die Taufliede nicht weiterbringt. Er will herausfinden, wie sich Gene vermehren – und dafür braucht er ein einfacheres System. Auch läuft ihm die Zeit davon, denn sein Stipendium ist auf ein Jahr begrenzt.

Fast hat Delbrück die Hoffnung auf Erfolg schon aufgegeben, da stößt er auf die Viren. Anfang 1938 ist er gerade von einem Campingtrip zurückgekehrt, als er feststellt, am Institut ein interessantes Seminar verpasst zu haben. Der Biochemiker Emory Ellis hatte darin über seine Versuche mit bakteriellen Viren – sogenannten Bakteriophagen – berichtet. Um doch noch etwas darüber zu erfahren, sucht Delbrück den gleichaltrigen Kollegen in dessen Kellerlabor auf.

Bakteriophagen – kurz Phagen – sind Viren, die Bakterien befallen. Die sogenannten T-Phagen sind auf das Darmbakterium *Escherichia coli* spezialisiert. Sie bestehen aus einem Kopf, der die Erbsubstanz des Phagen enthält, und einem Schwanzteil, der als Enterhaken dient. Trifft ein Phage auf ein Bakterium mit passender Zelloberfläche, heftet er sich fest und schleust sein Erbmaterial in die Bakterienzelle.

Die Phagengene programmieren die Zelle so um, dass sie von nun an wie am Fließband neue Viren produziert, bis sie platzt. Die neuen Phagen strömen aus, um in der direkten Nachbarschaft sofort weitere „passende“ Bakterien zu entern. Auf einem Bakterienrasen, den Forscher im Labor gezüchtet und mit Phagen angeimpft haben, sind schon nach wenigen Stunden Löcher sichtbar – jedes Loch letztlich entstanden aus einem einzigen Virus.

Emory Ellis führt Max Delbrück seine Gerätschaften vor. Für seine Arbeit braucht der Phagenforscher lediglich ein paar Petrischalen, Pipetten und einen Autoklaven. Delbrück kann es nicht

FRANKFURTER ALLGEMEINE ZEITUNG VOM 19. März 1981

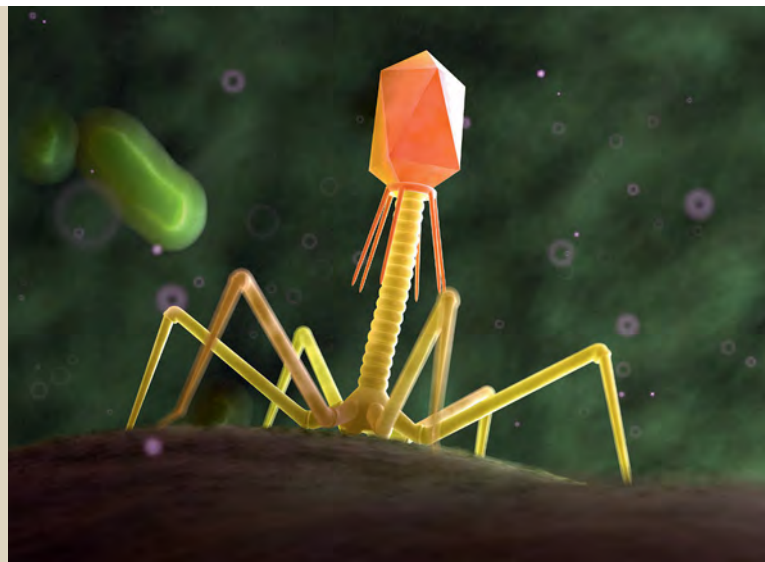


Delbrück zählt zu den Begründern der neuen Biologie. In den vierziger Jahren hat er mit seinen Untersuchungen an Bakterien und Bakteriophagen den Grundstein für die moderne Genetik gelegt.

fassen: „Ich war absolut überwältigt, daß es so einfache Verfahren gab, mit denen man Viren sichtbar machen konnte [...] Man konnte die einfachsten Experimente mit so etwas wie den Atomen der Biologie machen.“

Damit hat der Forscher das perfekte Modellsystem gefunden. Ohne zu zögern, fragt Delbrück seinen Kollegen, ob er sich ihm anschließen darf. Während Ellis die Phagen ein Jahr später aufgeben muss, weil seine Geldgeber nicht mehr mitspielen, bescheren sie Delbrück drei Jahrzehnte später den Nobelpreis.

Nachdem sein Stipendium ausgelaufen ist, tritt Delbrück eine Stelle als Physikozyent an der Vanderbilt University in Nashville/Tennessee an und betreibt nebenher Phagenforschung. Im Jahr 1947 – Delbrück ist inzwischen amerikanischer Staatsbürger geworden – übernimmt er eine Professur am Caltech. Er macht die



Phagenforschung zu einer berechenbaren und reproduzierbaren Wissenschaft, die immer mehr Anhänger findet. In den 1940er-Jahren begründet er die legendäre „Phagengruppe“ – ein loser Zusammenschluss von Wissenschaftlern, die alle an T-Phagen forschen.

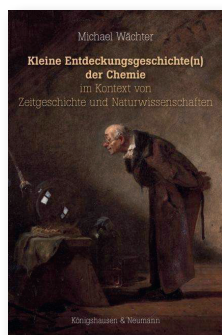
Weithin bekannt sind auch die Phagenkurse, die Max Delbrück im Sommer in Cold Spring Harbor bei New York abhält und die Forscher aus aller Welt anziehen. Anfang der 1960er-Jahre finden die Kurse auch in Deutschland statt: An der Universität Köln ist das Institut für Genetik aus der Taufe gehoben worden, mit Delbrück als Direktor. Von 1961 bis 1963 forscht und lehrt er am Rhein.

Fritz Melchers, heute Senior-Arbeitsgruppenleiter am Max-Planck-Institut für Infektionsforschung in Berlin, war damals Doktorand am Kölner Institut. An seinen „zweiten Doktorvater“ Max Delbrück erinnert er sich: „In seinem Arbeitsumfeld herrschte eine fröhliche Anarchie. Das hatte er aus dem Labor von Niels Bohr übernommen. Dabei hatten es seine Kollegen nicht immer leicht mit ihm. Wenn jemand wichtige neue Forschungsergebnisse präsentierte, war seine erste Reaktion: ‚Davon glaube ich kein Wort.‘ In Seminaren unterbrach er gerne: ‚Bisher habe ich kein Wort verstanden. Bitte fang noch mal von vorne an. Und bitte mach aus einem Satz dreie.‘“ Seine Phagenkurse erlangen auch in Köln Kultstatus: „Alle, die in Deutschland die Molekularbiologie vorangebracht haben, hatten daran teilgenommen“, sagt Melchers.

Eine von Delbrücks wichtigsten Arbeiten erscheint im Jahr 1943 in der Fachzeitschrift *GENETICS*: Im darin beschriebenen Luria-Delbrück-Experiment weisen er und der Mediziner Salvador E. Luria nach, dass Mutationen, die Bakterien resistent gegen Phagenangriffe machen, zufällig auftreten und nicht als Anpassung an die Viren.

Im Jahr 1969 werden Max Delbrück, Salvador E. Luria und der Biologe Alfred D. Hershey mit dem Nobelpreis ausgezeichnet, „für ihre Entdeckungen zum Replikationsmechanismus und zur genetischen Struktur von Viren“. Delbrück hat sich zu diesem Zeitpunkt längst anderen Forschungsfeldern zugewandt. Die Phagen waren ihm zu sehr in Mode gekommen. Der vielseitige Wissenschaftler beschäftigt sich nun mit Fragen der Wahrnehmung, etwa der Reaktion von Pilzzellen auf Licht.

Die Molekulargenetik, die Delbrück und seine Kollegen angestoßen haben, entwickelt sich bis heute rasant weiter. Gegen Ende seines Lebens erinnert er sich: „Ich habe schon sehr früh für mich entdeckt, daß man als Wissenschaftler potentiell die Welt viel stärker verändert, als es Caesar oder irgendeine der großen militärischen oder politischen Gestalten je getan haben. Und während man das tut, kann man ganz ruhig in einer Ecke sitzen.“ Max Delbrück stirbt am 9. März 1981 in Pasadena.



Das Brausen der Luft

Michael Wächter, **Kleine Entdeckungsgeschichte(n) der Chemie** im Kontext von Zeitgeschichte und Naturwissenschaften

268 Seiten, Verlag Königshausen & Neumann, Würzburg 2018, 29,80 Euro

Quecksilber, Pulver von Arsen, Kupfer und Blei, verrührt mit Essig, dazu ein Schuss Wein und ein Klecks Honig – wohl bekomm's! Ob die Mixtur wirklich als Lebenselixier wirkte, wie es der chinesische Gelehrte Ko Hung behauptete, oder nicht doch eher gegenteilig, darüber geben historische Quellen keine Auskunft. Aber sie belegen, dass in den ersten Jahrhunderten nach Christus nicht nur in Griechenland, sondern auch an anderen Orten in der Welt die Alchemie aufkam. Ihre Vertreter, vor allem jene im Mittelalter, strebten nach ganz Großem: nach Elixieren, die unsterblich machen, und nach künstlichem Gold. Aus dieser Lehre, die heute geradezu esoterisch wirkt, ging in der Neuzeit die systematische Wissenschaft der Chemie hervor, der wir maßgeschneiderte Legierungen, Kunst- und Klebstoffe, Medikamente und Kunstdünger, aber auch manche Umweltprobleme verdanken.

Welche Irrwege Alchemisten verfolgten, wie sich die naturwissenschaftliche Chemie allmählich gegen deren erratische Lehren durchsetzte und sich bis in unsere Zeit entwickelte, beschreibt Michael Wächter. Diese historische Perspektive fehlt Chemiebüchern gewöhnlich. Und kaum ein Lehrbuch ordnet die Anfänge der Chemie und ihre Fortschritte in den Kontext der anderen Naturwissenschaften ein, geschweige denn in einen zeitgeschichtlichen oder philosophischen Zusammenhang. Genau das will Michael Wächter leisten und wird die-

sem ehrgeizigen Anspruch auch zumeist gerecht. Manche Anekdote und Legende liefert er sogar noch mit.

Das klingt, als ließen sich mit dem Stoff ganze Kompendien füllen. Michael Wächter gelingt es aber mit einer konzentrierten Darstellung, die großen Linien der Entwicklungen nachzuzeichnen. So erhielten etwa chinesische Alchemisten die Inspiration für ihre alchemistischen Rezepturen vom Taoismus, in dem die Vereinigung von Gegensätzlichem, repräsentiert durch Yin und Yang, ein wesentliches Motiv darstellt.

Besonders viel Spaß macht das Buch, wenn Michael Wächter die Lebens- und die Erfahrungswelt der Forscher greifbar macht. So staunte Paracelsus, der im 16. Jahrhundert an der Schwelle von der Alchemie zur Chemie stand, offenbar nicht schlecht, als er Eisenpulver mit Schwefelsäure übergoss und feststellte: „Es brauset auff dy Lufft – unt es herrscheth sodann das Chaos!“

An manchen Stellen sind die Auswahl und die Priorisierung Wächters nicht ganz nachvollziehbar, wenn er etwa ganze Abschnitte aus den Abhandlungen Johann Rudolph Glaubers, des vielleicht ersten Chemikers nach heutigem Verständnis, zitiert. Solche Passagen sind in ihrer originalsprachlichen Form nicht nur schwer verständlich, sondern bringen dem Leser auch kaum Erkenntnisse. Warum also würdigt der Autor gerade diesen frühen Forscher mit ausführlichen Zitaten?

Legitim scheint es dagegen, dass Wächter die Chemiegeschichte umso verdich-

teter darstellt, je vielfältiger und unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten reichhaltiger sie im 20. und 21. Jahrhundert wurde. Denn die großen konzeptionellen Häutungen erfuhr die Chemie sicherlich bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts. Zudem finden die jüngeren Fortschritte in herkömmlichen Lehrbüchern reichlich Beachtung. Und schließlich gibt es in der jüngeren Chemiegeschichte kaum noch Irrungen, über die wir schmunzeln könnten. Die Fehlritte des Industriezeitalters brachten uns dagegen die hinlänglich bekannten Übel von Giftgas oder massiven Umweltschäden. Leider gelingt es dem Autor in den Ausführungen zur jüngeren Geschichte nicht mehr so gut, die Beiträge der Chemie im Guten wie im Schlechten mit anderen Entwicklungen wie etwa der Informationstechnologie oder den Umweltbelastungen in Bezug zu setzen.

Etwas getrübt wird das Lesevergnügen zudem durch ein ziemlich amateurhaftes Layout, in dem viele Bilder zur Unkenntlichkeit geschrumpft sind. Auch ein sorgfältigeres Lektorat und ein Personenverzeichnis hätten die Lektüre erleichtert.

Trotzdem hilft das Buch dem Leser inter Strich, die Fortschritte der Chemie in ihrer jeweiligen Zeit einzuordnen und dabei viele fundamentale Zusammenhänge dieser Wissenschaft zu verstehen. Und nicht zuletzt erfährt der Leser auf der Zeitreise durch die Chemiegeschichte von manchen amüsanten Begebenheiten.

Peter Hergersberg



Zünsler, Spanner, Pfauenaugen

Josef H. Reichholf, **Schmetterlinge**: Warum sie verschwinden und was das für uns bedeutet

288 Seiten, Carl Hanser Verlag, München 2018, 24,00 Euro

Wie sich Schmetterlinge im Bauch anfühlen, weiß jeder – wie sie aussehen, wissen dagegen immer weniger. Schmetterlinge gelten als der Inbegriff von Anmut, und so waren sie es, auf die Naturschützer lange Zeit die Hoffnung gesetzt haben, ihr Verschwinden könnte die Menschen zum Artenschutz motivieren. Aber alle Schönheit und Leichtigkeit haben den Sympathieträgern nichts genutzt: Sie werden immer weniger.

Die Botschaft von Josef Reichholf ist eindeutig: Schmetterlinge sind weit mehr als nur schön. Gerade die unscheinbaren Falterarten warten mit schon fast bizarren Überlebenskünsten auf. Die wenigsten Leser werden schon einmal von Seerosenzünslern, Traubenkirschen-Gespinstmoten und Frostspannern gehört haben – vergessen werden sie die kleinen Falter nach der Lektüre von Reichhofs Buch bestimmt lange nicht, so einfühlsam beschreibt der Autor ihr Leben. Und selbst über die bekannten Pfauenaugen, Kohlweißlinge und Zitronenfalter weiß Reichholf so viel Verblüffendes zu erzählen, dass sich wohl kein Leser der Faszination für die geflügelten Grazien entziehen kann.

Ein ganzes Kapitel ist den Wanderfaltern gewidmet. Distelfalter, Admiral und manch andere Art fliegen jedes Jahr aus ihrer Heimat in Südeuropa oder Afrika Richtung Norden. Nach mehreren Etappen, die viele von ihnen sogar über die Alpen führen, verbringen sie den Sommer in Mittel- oder Nordeuropa. Im Herbst geht es dann wieder Richtung Süden. Ähnliche Reisen

werden auch für Pfauenaugen, Kleine Füchse und Kohlweißlinge vermutet.

Der aus einem kleinen Ort am Inn stammende Reichholf hat sich den Schmetterlingen schon von Kindesbeinen an verschrieben – eine Leidenschaft, die ihn auch als Leiter der Vogelabteilung der Zoologischen Staatssammlung in München nicht losgelassen hat. So kann der bekannte Autor zahlreicher Sachbücher auf einen großen Fundus an wissenschaftlichen Daten, aber auch an persönlichen Erlebnis-Wehmut mit, wenn Reichholf von der enormen Vielfalt an Schmetterlingen erzählt, die er als Kind in seinem Heimatdorf in Südostbayern erlebt hat. Er beruft sich aber nicht nur auf – vielleicht verklärende – Kindheitserinnerungen, sondern er kann diese auch mit Zahlen belegen. Schon 1958 begann der damals 13-jährige zu notieren, welche Tiere er rund um seinen Ort beobachtet hatte. Von 1969 an zählte Reichholf dann systematisch die Nachtfalter seiner Heimat. In den 1980er-Jahren und von 2002 bis 2010 erfasste er zudem die Nachtfalter in München. Seine Erhebungen gehören zu den wenigen Langzeitstudien über das Vorkommen von Insekten. Sie reichen zudem noch weiter zurück als die berühmte, 1989 begonnene Krefeld-Studie, die das Insektensterben vor zwei Jahren erst richtig ins öffentliche Bewusstsein gebracht hat.

Die Ergebnisse sind so eindeutig wie niederschmetternd: Seit den 1970er-Jahren ist die Zahl der nachtaktiven Schmetter-

linge am Inn um 80 Prozent zurückgegangen – ein Verlust, der weniger die Wald- als vielmehr die Wiesenarten betrifft. Anderen Insekten geht es noch schlechter: Um 96 Prozent ist die Ausbeute aus Reichhofs Fallen in den letzten 50 Jahren geschrumpft. Ein Rückgang, der noch drastischer ausfällt als der in der Krefeld-Studie, die in Naturschutzgebieten einen Insektenverlust um 75 Prozent ergeben hat.

Vergleicht man die Zahlen aus der ländlichen Region rund um den Inn mit denen Münchens, wird klar, dass das Insektensterben vor allem auf dem Land stattfindet, denn in der Stadt ist der Schmetterlingsbestand stabil geblieben. Das hat zu der eigentlich paradoxen Situation geführt, dass heute mehr Falter in der Großstadt leben als auf Wiesen und Feldern.

Den letzten Teil seines Buches widmet Reichholf den Ursachen für den Rückgang: Pestizide, Gülle, Lichtverschmutzung und überzogene Ordnungsliebe sind da zuerst zu nennen. Der Autor schließt mit einem Kapitel über die Schönheit der Schmetterlinge und mit dem Appell an Politiker und jeden Einzelnen, das Verschwinden dieser Insekten aufzuhalten. Harald Rösch



Mit den Augen der Astronauten

Floris Heyne, Joel Meter, Simon Phillipson, Delano Steenmeijer, **Apollo VII-XVII**

320 Seiten, Verlag teNeues, Kempen 2018, 50,00 Euro

Nur wenige Bilder bringen es, gemeinsam mit den Fotografen, zu Weltruhm. Noch seltener gelingt Amateuren ein Foto, das in die Geschichte eingeht. Die Fotografen, deren Bilder der vorliegende Band versammelt, sind keine Profis, gehören aber zu einer ganz besonderen Gruppe von Menschen: Es sind die Astronauten des *Apollo*-Projekts – jenes amerikanischen Raumfahrtprogramms, das im Juli 1969 mit der Landung von zwei Männern auf dem Mond seinen Höhepunkt erlebte.

Apollo VII-XVII lautet der schlichte Titel eines umso opulenter ausgestatteten Buchs. Auf mehr als 300 großformatigen Seiten präsentiert es chronologisch 160 Farb- und 95 Schwarz-Weiß-Fotos der elf Missionen zwischen den Jahren 1968 und 1972. Die Herausgeber durchforsteten die umfangreichen Archive der US-Raumfahrtbehörde NASA und suchten für ihr Buch die interessantesten Bilder heraus, darunter einige bisher unveröffentlichte. Die in hervorragender Qualität gedruckten Fotos führen das Projekt *Apollo* eindrucksvoll und nachhaltig vor Augen und bieten zudem einen hohen ästhetischen Reiz.

Das gewagte Raumfahrtunternehmen begann mit dem ersten bemannten Flug

unter der Nummer 7 und führte lediglich in die Erdumlaufbahn. Dort testeten die Astronauten die unterschiedlichen Komponenten der Hardware, nutzten jedoch die eine oder andere zufällige Gelegenheit für faszinierende Schnapsschüsse unseres Planeten, etwa vom Emi-Koussi-Vulkan in der Zentralsahara.

Als einer von drei Männern war Walt Cunningham an Bord. Der heute 87-jährige hat die Einführung zum Band geschrieben. Es ist ein prägnanter und leicht verständlicher Beitrag. Das gilt durchwegs auch für alle anderen, ebenfalls in Englisch verfassten Erklärtexpte. So widmen die Herausgeber nicht nur jeder der elf Missionen eine knappe Beschreibung, sondern gehen am Ende auch ausführlich auf die Fotografie-technik ein. Weil der Akzent des Buchs aber auf der Optik liegt, braucht der Leser keine perfekten Englischkenntnisse, um das Schauen und Staunen zu genießen.

So folgt man visuell den Ausflügen ins All, wobei schon *Apollo 8* zum Trabanten führte und mit dem „Erdaufrgang über dem Mondhorizont“ auch gleich eines der berühmtesten Bilder aller Zeiten lieferte – ein Bild, welches eine neue Perspektive auf unseren Heimatplaneten eröffnete.

Während die Besatzung von *Apollo 9* wiederum im Erdorbit die Raumfahrzeuge einschließlich der Landefähre testete, flog *Apollo 10* zum Mond und simulierte eine Landung. Die NASA hatte übrigens die Landestufe mit so wenig Treibstoff betankt, dass ein Abheben von der Oberfläche nicht möglich gewesen wäre. Damit wollte man offenbar die Versuchung der Astronauten im Keim ersticken, entgegen ihrem Auftrag doch auf dem Mond niederzugehen.

Dies durften dann Neil Armstrong und Buzz Aldrin mit der Fähre *Eagle* tun, mit der sie am 20. Juli 1969 landeten. Wenige Stunden später setzt Armstrong als erster Mensch seinen Fuß in den grauen, klebrigen Mondstaub. Die Bilder im Buch zeigen allerdings nur Aldrin als Mondspaziergänger: Von Armstrong gibt es keine Aufnahmen, er war der Mann *hinter* der Kamera. Diese war eine Hasselblad 500 C, die den Bedürfnissen der Astronauten – sie trugen klobige Handschuhe und große Helme – angepasst werden musste. Die Besatzungen der folgenden sechs Missionen betätigten sich ebenfalls als eifrige Fotografen. Und auch ihre im Buch gezeigten Aufnahmen sind wertvolle Dokumente eines einzigartigen Abenteurers. Helmut Hornung

Weitere Empfehlungen

- Menno Schilthuizen, **Darwin in der Stadt**, Die rasante Evolution der Tiere im Großstadtschangel, 368 Seiten, dtv, München 2018
- Dirk Schulze-Makuch, William Bains, **Das lebendige Universum**, Komplexes Leben auf vielen Planeten?, 277 Seiten, Springer-Verlag, Berlin und Heidelberg 2019

Standorte

- Institut / Forschungsstelle
- Teilinstitut / Außenstelle
- Sonstige Forschungseinrichtungen
- Assoziierte Forschungseinrichtungen

Niederlande

- Nimwegen

Italien

- Rom
- Florenz

USA

- Jupiter, Florida

Brasilien

- Manaus

Luxemburg

- Luxemburg



MAX PLANCK
GESELLSCHAFT



Impressum

MAXPLANCKFORSCHUNG wird herausgegeben von der Wissenschafts- und Unternehmenskommunikation der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V., vereinsrechtlicher Sitz: Berlin.
ISSN 1616-4172

Redaktionsanschrift

Hofgartenstraße 8
80539 München
Telefon: 089 2108-1719 / -1276 (vormittags)
E-Mail: mpf@gv.mpg.de
Internet: www.mpg.de/mpforschung
Kostenlose App: www.mpg.de/mpf-mobil

Verantwortlich für den Inhalt

Dr. Christina Beck (-1276)

Redaktionsleitung

Peter Hergersberg (Chemie, Physik, Technik; -1536)
Helmut Hornung (Astronomie; -1404)

Redaktion

Dr. Elke Maier (Biologie, Medizin; -1064)
Dr. Harald Rösch (Biologie, Medizin; -1756)
Mechthild Zimmermann (Kultur, Gesellschaft; -1720)

Bildredaktion

Susanne Schauer (-1562)
Annabell Kopp

Gestaltung

Julia Kessler, Sandra Koch
Voßstraße 9
81543 München
Telefon: 089 27818770
E-Mail: projekte@designergold.de

Litho

KSA Media GmbH
Zeuggasse 7
86150 Augsburg

Druck & Vertrieb

Vogel Druck- & Medienservice GmbH
Leibnizstraße 5
97204 Höchberg

Anzeigenleitung

Beatrice Rieck
Vogel Druck- & Medienservice GmbH
Leibnizstraße 5
97204 Höchberg
Telefon: 0931 4600-2721
E-Mail: beatrice.rieck@vogel-druck.de

MAXPLANCKFORSCHUNG berichtet über aktuelle Forschungsarbeiten an den **Max-Planck-Instituten** und richtet sich an ein breites wissenschaftsinteressiertes Publikum. Die Redaktion bemüht sich, auch komplexe wissenschaftliche Inhalte möglichst allgemeinverständlich aufzubereiten. Das Heft erscheint in deutscher und englischer Sprache (**MAXPLANCKRESEARCH**) jeweils mit vier Ausgaben pro Jahr; die Auflage dieser Ausgabe beträgt 85 000 Exemplare (**MAXPLANCKRESEARCH**: 10 000 Exemplare). Der Bezug ist kostenlos. Ein Nachdruck der Texte ist nur mit Genehmigung der Redaktion gestattet; Bildrechte können nach Rücksprache erteilt werden. Die in **MAXPLANCKFORSCHUNG** vertretenen Auffassungen und Meinungen können nicht als offizielle Stellungnahme der **Max-Planck-Gesellschaft** und ihrer Organe interpretiert werden.

Die **Max-Planck-Gesellschaft** zur Förderung der Wissenschaften e.V. unterhält 86 Institute und Forschungseinrichtungen, in denen rund 23 400 Personen forschen und arbeiten, davon etwa 6 700 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Der Jahresetat 2018 umfasste insgesamt 1,8 Milliarden Euro. Die **Max-Planck-Institute** betreiben Grundlagenforschung in den Natur-, Lebens- und Geisteswissenschaften. Die **Max-Planck-Gesellschaft** ist eine gemeinnützige Organisation des privaten Rechts in der Form eines eingetragenen Vereins. Ihr zentrales Entscheidungsgremium ist der Senat, in dem Politik, Wissenschaft und sachverständige Öffentlichkeit vertreten sind.

Zur besseren Lesbarkeit haben wir in den Texten teilweise nur die männliche Sprachform verwendet. Mit den gewählten Formulierungen sind jedoch alle Geschlechter gleichermaßen angesprochen.

MAXPLANCKFORSCHUNG wird auf Papier aus vorbildlicher Forstwirtschaft gedruckt und trägt das Siegel des Forest Stewardship Council® (FSC®)



Forschung leicht gemacht.

Schafft die Papierstapel ab!

Das Magazin der Max-Planck-Gesellschaft
als ePaper: www.mpg.de/mpf-mobil

Internet: www.mpg.de/mpforschung

Kostenlos
downloaden!



MAX PLANCK
GESELLSCHAFT

