

Ausgabe 02 | 2024

MAX PLANCK

Forschung

100-JÄHRIGES JUBILÄUM
Vordenker des Völkerrechts

MOBILITÄT
Autos mit inneren Werten

MATERIALWISSENSCHAFT
Grüner Stahl aus rotem Schlamm



**RECHT SCHAFFT
FREIHEIT**



FOTO COVER: PICTURE ALLIANCE / ASSOCIATED PRESS | WINFRIED ROTHERMEL; FOTO INNEN: PICTURE ALLIANCE/DPA | ULI DECK

Das Bundesverfassungsgericht wacht über die Einhaltung des Grundgesetzes und hütet die freiheitlich-demokratische Grundordnung sowie die Rechtsstaatlichkeit. Was Recht ist, darüber entscheiden in liberalen Demokratien Richterinnen und Richter. Deren Unabhängigkeit beschneiden Regierungen oft, wenn sie ihre Länder in Autokratien verwandeln. Einfallstore hierfür gibt es auch hierzulande.

EDITORIAL

Liebe Leserinnen und Leser

Mit der vorigen Ausgabe von *MaxPlanckForschung* haben wir offenbar einen Nerv getroffen: Noch nie haben wir so viele Leserbriefe erhalten wie diesmal. Darunter anerkennende, aber auch empörte. Manche Leser rügten, dass wir zu wenig über die „reinen bzw. exakten Naturwissenschaften“ berichteten, dass wir uns „dem zurzeit vorherrschenden Zeitgeist angepasst“ hätten und im Magazin keine „freie, unabhängige Wissenschaft“ darstellten.

Doch ist Wissenschaft nicht gerade frei und unabhängig, wenn sie kontrovers diskutierte Themen innerhalb einer Gesellschaft aufgreift und die Debatten mit Erkenntnissen aus der Grundlagenforschung bereichert? Und genau deshalb berichten wir natürlich auch über die Forschungsergebnisse aus den rund 20 Max-Planck-Instituten, die sich im Bereich der Geistes-, Sozial- und Humanwissenschaften aktuellen gesellschaftlichen Fragestellungen widmen.

Gerade in den Rechtswissenschaften forscht die Max-Planck-Gesellschaft schon lange und erfolgreich. So feiert das Max-Planck-Institut für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht in diesem Jahr sein 100-jähriges Jubiläum – das Vorgängerinstitut innerhalb der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft mitgerechnet. In welcher Weise es mit seinen juristischen Analysen die deutsche Diplomatie wissenschaftlich begleitet hat, können Sie in diesem Magazin lesen.

Auch der Fokus dieses Hefts greift das Thema des Wissenschaftsjahres 2024 auf: „Freiheit“. Diesmal geht es darum, wie Recht und Regeln Freiheit schaffen: Den Rahmen für die Freiheit setzt in Deutschland in erster Linie das Grundgesetz, über dessen Wahrung das Bundesverfassungsgericht wacht. Ob und wie das höchste Gericht vor antifreiheitlichen und antidemokratischen Übergriffen geschützt werden kann, ist eines unserer Themen. Es geht aber auch um Länder und Menschen, deren Freiheit durch den Klimawandel existenziell bedroht ist. Internationale Abkommen bilden die Grundlage, auf der sich ihre Freiheit sichern lässt – und sei es die Freiheit, in anderen Ländern Zuflucht zu suchen. Schließlich beleuchten wir, in welchem hohem Maß Deutschland von der Freiheit profitiert hat, die die EU vor allem mit dem Binnenmarkt geschaffen hat, und wie sich Freiheit und Wohlstand künftig sichern lassen.

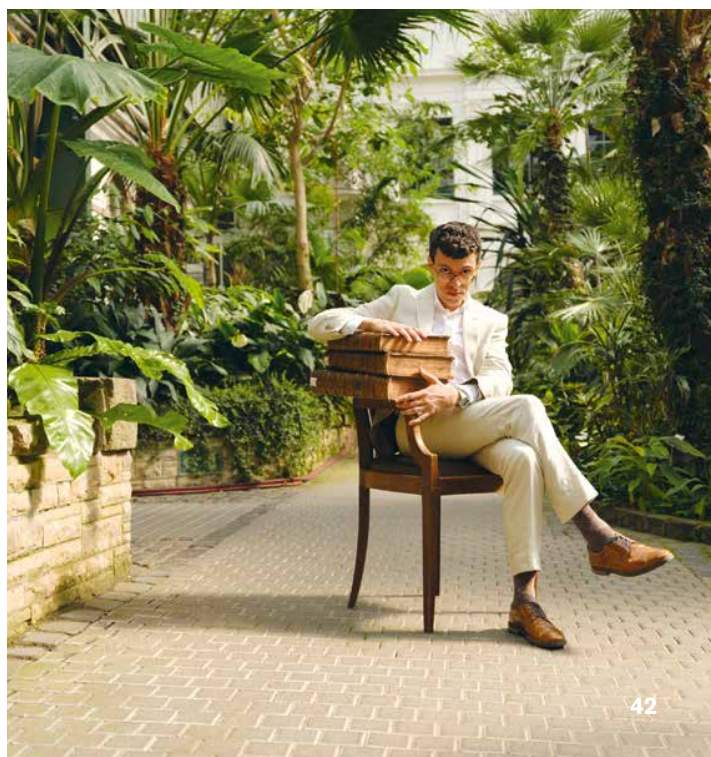
Es ist in der Tat ungewöhnlich, dass wir mehrere Ausgaben einem Thema widmen. Doch das tun wir aus gutem Grund: Freiheit ist unabdingbar, damit die „exakten Naturwissenschaften“ ebenso wie die „freie, unabhängige Wissenschaft“ unvoreingenommen und unbeeinträchtigt forschen können. Es sind übrigens gerade die Geistes-, Sozial- und Humanwissenschaften, die in autoritären Systemen besonders reglementiert werden. Das sollten wir alle uns bewusst machen.

In diesem Sinne wünschen wir eine anregende Lektüre.

Ihr Redaktionsteam



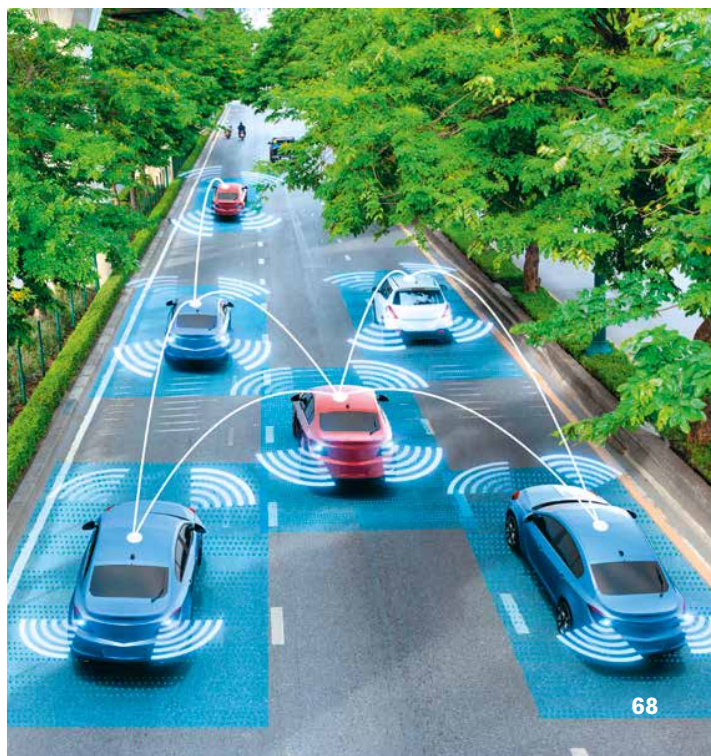
36



42



62



68

BILDER: PICTURE ALLIANCE/DPA | CHRISTIAN CHARISIUS (LINKS OBEN), KATRIN BINNER FÜR MFG (RECHTS OBEN), SHUTTERSTOCK/SUWIN66 (LINKS UNTEN), ALEX JORDAN / MPI FÜR VERHALTENSHOLOGIE (RECHTS UNTEN)

36 | ERFOLGREICH

Das exportorientierte Deutschland hat sehr von der Europäischen Union profitiert.

42 | EREIGNISREICH

Der Jurist Bruno Lima erforscht das Wirken des Sklavenanwalts Luiz Gama.

62 | ERFAHRUNGSREICH

Buntbarsche im afrikanischen Tanganjikasee verhalten sich sehr unterschiedlich.

68 | ERFINDUNGSREICH

Autonome Autos fahren dank viel Hightech sicherer als solche mit Fahrer.

03 | EDITORIAL

06 | ORTE DER FORSCHUNG

Wendelstein 7-X, Greifswald

8 | KURZ NOTIERT

16 | ZUR SACHE

Klimaschutz mit Gewinn

Die globale Wirtschaft ist auf Profitmaximierung und Wachstum ausgerichtet. Wie sich trotzdem Anreize schaffen lassen, den Ausstoß von Treibhausgasen zu reduzieren, skizziert Jens Beckert.

22 | INFOGRAFIK

Wege zum Fusionskraftwerk

IM FOKUS

Recht schafft Freiheit

24 | Auf immer und ewig?

Demokratie lässt sich mit demokratischen Mitteln abschaffen. Inwieweit Recht davor schützen kann, ergründet das Netzwerk Max Planck Law.

30 | Vom Klima vertrieben

Wegen des steigenden Meeresspiegels, infolge von Hitzewellen und Dürren werden viele Menschen des Globalen Südens ihre Heimat verlassen müssen. Wie kann die Staatengemeinschaft ihnen eine Perspektive bieten?

36 | Vorteil Deutschland

Die exportorientierte Bundesrepublik hat von den Freiheiten der EU mehr profitiert als die meisten anderen Länder. Damit der Wohlstand künftig gesichert ist, sind jedoch wirtschaftliche Veränderungen nötig.

42 | BESUCH BEI

Bruno Rodrigues de Lima

48 | ZWEITER BLICK

100-JÄHRIGES JUBILÄUM

50 | Vordenker des Völkerrechts

Seit 100 Jahren bietet das Max-Planck-Institut für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht der deutschen Diplomatie juristische Expertise.

WISSEN AUS

56 | Lisa lauscht ins All

Das größte Messgerät der Welt wird auf einer Umlaufbahn um die Erde künftig Gravitationswellen messen und neue Einblicke in die Physik schwarzer Löcher liefern.

62 | Barsche treiben's bunt

In den Großen Afrikanischen Seen haben sich vielfältige Fischarten entwickelt. Durch Analysen ihres Verhaltens lässt sich auch untersuchen, wie und warum sich bestimmte Verhaltensweisen herausgebildet haben.

68 | Autos mit inneren Werten

Autonome Fahrzeuge können den Verkehr sicherer machen. Doch ihre Einführung wirft auch Fragen der Ethik und Nachhaltigkeit auf.

74 | Grüner Stahl aus rotem Schlamm

Aus einem giftigen Abfallprodukt der Aluminiumproduktion lässt sich mithilfe von Wasserstoff aus regenerativen Quellen CO₂-freies Eisen gewinnen.

78 | POST AUS...

Bordeaux

80 | NEU ERSCHIENEN

82 | FÜNF FRAGEN

Zur Forschung in der Ukraine

83 | IMPRESSUM

5

GEOMAX

Europa auf dem grünen Weg – Umweltpolitik im Wandel



GEFANGENE
SONNE

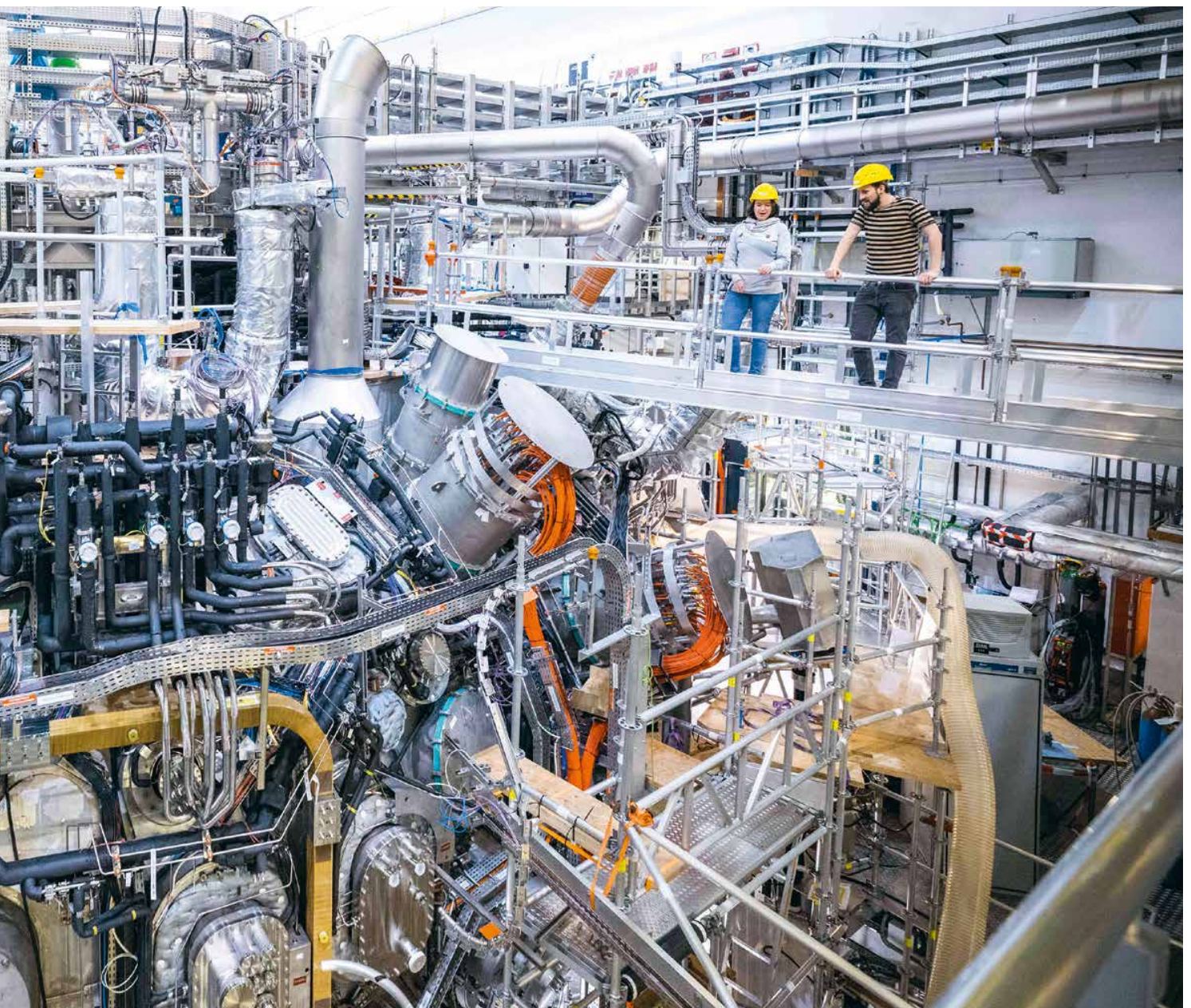
6 **K**abel und Leitungen, Schläuche und Röhren legen sich wie ein Käfig um diese Großapparatur, die im Max-Planck-Institut für Plasmaphysik in Greifswald steht: Wendelstein 7-X ist weltweit die größte und modernste Kernfusionsanlage vom Typ Stellarator. Hier wollen Forschende Atomkerne dazu bringen, miteinander zu verschmelzen wie in der Sonne. Dafür haben sie eine Ringkammer aus Metall- und Grafitplatten von fünfeinhalb Metern Durchmesser gebaut, in die Wasserstoffgas gefüllt und in 50 Millionen Grad heißes Plasma umgewandelt werden soll: der „vierte Aggregatzustand“, bei dem sich die atomaren Bestandteile Kern und Elektronenhülle voneinander trennen. Wenn das Plasma „brennt“, stoßen die atomaren Teilchen heftig zusammen und können fusionieren, was hohe Energiemengen freisetzt, die auch ein Kraftwerk zur Stromerzeugung antreiben könnten – das Fernziel dieser Forschung (siehe Infografik Seite 22).

Um Plasma zu erzeugen, heizen elektromagnetische Wellen wenige Milligramm Gas auf. Eine der größten Herausforderungen ist es, das Plasma – und damit die Fusionsreaktionen – über einen längeren Zeitraum stabil zu halten. Dass ein solcher Dauerbetrieb von 30 Minuten möglich ist, soll Wendelstein 7-X beweisen. Die Anlage, die mit dieser Bauart zum Typ Stellarator gehört, nutzt dazu 50 riesige Magnetspulen, welche, um die Plasmakammer gelegt, das Plasma in einem magnetischen Feld quasi schwebend einfangen. Um sie supraleitend zu machen, werden die Magnete auf -270 Grad Celsius heruntergekühlt.

Der Großteil der Leitungen, die im Bild zu sehen sind, gehört zum Kühlsystem. Die übrige Technik überwacht und steuert das Plasma im Inneren. An den herausragenden dicken Röhren befinden sich unterschiedliche Messgeräte, die etwa Temperatur, Druck, Dichte und Zusammensetzung des Plasmas messen. In der letzten Experimentierphase konnte das Forschungsteam das Plasma auf 20 Millionen Grad aufheizen und für 8 Minuten aufrechterhalten. Der Energieumsatz betrug 1,3 Gigajoule und soll in den kommenden Jahren auf 18 Gigajoule gesteigert werden.



ORTE DER FORSCHUNG



7

FOTO: IPP / JAN HOSAN

75. JAHRESVERSAMMLUNG IN BERLIN

Bei der diesjährigen Festversammlung stand das Thema Klimawandel im Vordergrund. Er ist eines der drängendsten globalen Probleme mit enormen geopolitischen Implikationen. Auf dem Podium diskutierten unter anderem Filippo Grandi, der Hohe Flüchtlingskommissar der Vereinten Nationen, Anne Peters, Direktorin am Max-Planck-Institut für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht, und Axel Ockenfels, Direktor am Max-Planck-Institut zur Erforschung von Gemeinschaftsgütern über völkerrechtliche Fragen und ökonomische Herausforderungen im Kontext

von Klimawandel und Klimaflucht. Das Auswärtige Amt war durch den Beauftragten für Energieaußenpolitik sowie Klima und Sicherheit, Marcus Hicken, vertreten. Patrick Cramer hatte in seiner Rede zuvor hervorgehoben, dass internationaler Klimaschutz die große Zukunftsaufgabe bleibe und wie wichtig es daher sei, dass der Green Deal nach der EU-Wahl konsequent umgesetzt werde. Für die Max-Planck-Gesellschaft konstatierte er: „Den größten Beitrag zum Klimaschutz leisten wir durch unsere Forschung.“

www.mpg.de/22057259

FUSION FÜRS HERZ

Für bis zu eine Milliarde Euro – in Abhängigkeit vom Erreichen bestimmter Meilensteine – hat Europas derzeit wertvollstes börsennotiertes Unternehmen, der dänische Pharmakonzern Novo Nordisk, die Cardior Pharmaceuticals erworben. Cardior entwickelt Therapien, die mithilfe von RNA (Ribonukleinsäure) Herzkrankheiten vorbeugen, reparieren und umkehren sollen. Die Vereinbarung umfasst Cardiors Hauptproduktkandidaten CDR132L, der auf Forschungsergebnissen der Medizinischen Hochschule Hannover unter anderem in Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Multidisziplinäre Naturwissenschaften in Göttingen basiert. Derzeit befindet sich dieser in der Phase 2 der klinischen Entwicklung zur Behandlung von Herzinsuffizienz. Die Aquisition wurde am 2. Mai 2024 abgeschlossen.

www.mpg.de/21735306



Moderatorin Helene Bubrowski, Filippo Grandi, Anne Peters, Marcus Hicken und Axel Ockenfels (von links) diskutieren über Klimawandel und Migration.



FOTO: DAVID AUSSERHOFER / MPG

AUSGEZEICHNET ★

CLAIRE DONNELLY

Die Physikerin, die am Max-Planck-Institut für Chemische Physik fester Stoffe und der TU Dresden forscht, erhält einen Heinz Maier-Leibnitz-Preis der Deutschen Forschungsgemeinschaft, der mit 200 000 Euro dotiert ist. Sie hat eine Methode gefunden, die magnetischen Eigenschaften von Materialien mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung zu untersuchen. Mit dem Preisgeld wird sie in den kommenden drei Jahren erforschen, wie sich gezielt Nanomaterialien mit bestimmten magnetischen Eigenschaften herstellen lassen.



FOTO: PHUONG DAO

EUGENE KIM

Die Forscherin des Max-Planck-Instituts für Biophysik in Frankfurt am Main erhält ebenfalls einen Heinz Maier-Leibnitz-Preis. Sie untersucht, wie Chromosomen unter anderem mithilfe des Proteinkomplexes Condensin organisiert und verpackt werden. Kim hat beispielsweise herausgefunden, wie mehrere solcher Condensine zusammenarbeiten, wenn sie die Struktur der Chromosomen formen, ohne zu kollidieren und sich gegenseitig zu stören. In ihrer Forschung entwickelt und nutzt sie auch neue Bildgebungstechniken.



FOTO: MPI FÜR BIOPHYSIK

ENGAGEMENT FÜR DIE UKRAINE

Am 11. und 12. Juni 2024 fand in Berlin die Ukraine Recovery Conference statt. Sie sollte weitere internationale Unterstützung für den Wiederaufbau der Ukraine mobilisieren. Vor der Konferenz hatte die Allianz der Wissenschaftsorganisationen ein Handlungskonzept erarbeitet. Es skizziert kurz-, mittel- und langfristige Maßnahmen und Prioritäten für den Wiederaufbau der ukrainischen Wissenschaft und Hochschulbildung. Patrick Cramer, der derzeit die Rolle des Sprechers der Allianz innehat, plädierte für eine kohärente und komplementäre Unterstützung durch Wissenschaft, Politik und die verschiedenen Geldgeber: „Ein robuster Bildungs-, Forschungs- und Entwicklungssektor hat elementare Bedeutung für die wirtschaftliche und sicherheitspolitische Souveränität der Ukraine, für ihre Integration in die Europäische Union und für ihren Wiederaufbau nach Kriegsende“, so der Max-Planck-Präsident. Seit dem Beginn des völkerrechtswidrigen russischen Angriffskriegs gegen die Ukraine hat die Allianz die Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen und Hochschulen in der Ukraine intensiviert sowie Instrumente bereitgestellt, um Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, aber auch Studierenden Unterstützung zu geben.

9



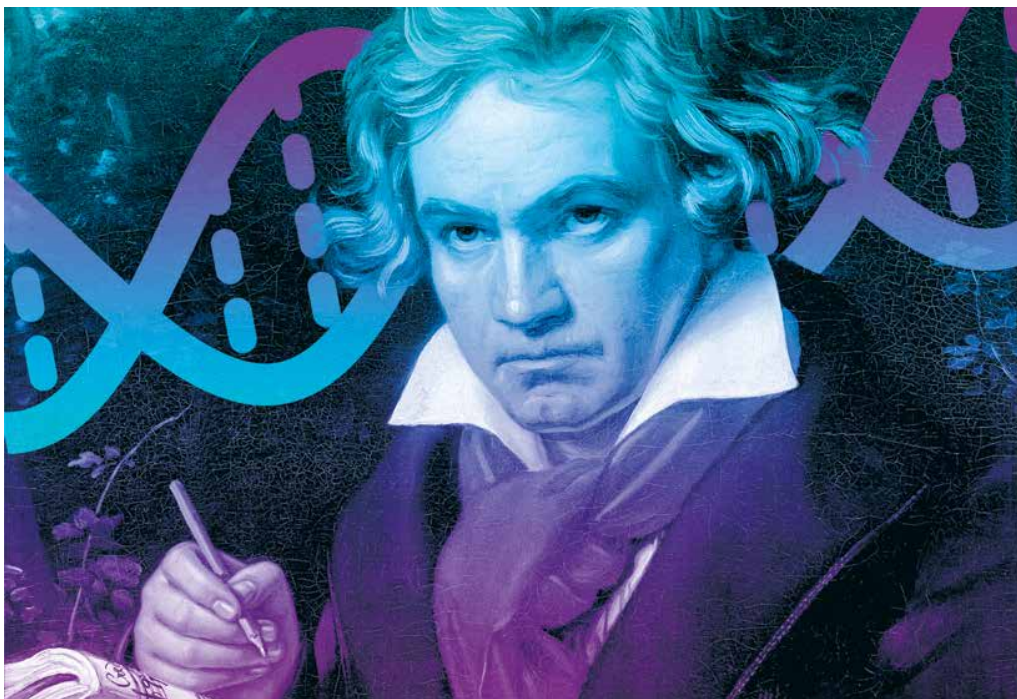
Patrick Peter Fabian, Helena Reichlová und Barбора Špačková (von links), die in Tschechien künftig Dioscuri-Zentren leiten werden, gemeinsam mit Max-Planck-Präsident Patrick Cramer bei der Eröffnung der Zentren.

DREI DIOSCURI-ZENTREN IN TSCHECHIEN

Um das bestehende Leistungsgefälle zwischen West- und Osteuropa auszugleichen, hat die Max-Planck-Gesellschaft das Dioscuri-Programm entwickelt, das herausragende Forscherinnen und Forscher fördert. Nach dem Start in Polen 2019, wo es mittlerweile acht Dioscuri-Zentren gibt, ist die Tschechische Republik nun das zweite Land, in dem das Programm umgesetzt wird. Finanziert vom tschechischen Ministerium für Bildung, Jugend und Sport gemeinsam mit dem deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung, entstehen drei innovative Forschungszentren: an der Tschechischen Akademie der Wissenschaften und an deren Institut für Physik sowie an der Masaryk-Universität. „Der europäische Forschungsraum

bietet großartige Möglichkeiten, länderübergreifend zusammenzuarbeiten. Es braucht starke Kooperationen über die gesamte EU hinweg, um die europäische Wissenschaft als Ganzes voranzubringen“, so Patrick Cramer bei der Eröffnung im Mai 2024. Von den Freiheiten und Chancen der EU haben auch Helena Reichlová, Barбора Špačková und Peter Fabian in ihren bisherigen wissenschaftlichen Karrieren profitiert, etwa indem sie die Mobilität genutzt und in Frankreich, Deutschland und Schweden geforscht haben. Die beiden Physikerinnen und der Entwicklungsbiologe setzten sich bei der ersten Dioscuri-Ausschreibung gegen 30 andere Bewerbungen durch.

www.mpg.de/21938867



Soweit Gene etwas über Musikalität verraten können, war Beethoven dafür nicht stärker veranlagt als der Durchschnitt der Menschen – ein Beleg, wie wenig Gene über individuelle Fähigkeiten aussagen.

GENE UND GENIE

10

Genetisch war Ludwig van Beethoven offenbar nicht besonders musikalisch veranlagt. Zu diesem Ergebnis kommt ein Team unter Beteiligung der Max-Planck-Institute für empirische Ästhetik in Frankfurt am Main und für Psycholinguistik im niederländischen Nijmegen. Die Forschenden untersuchten DNA aus Haaren des Komponisten. Auf Basis der Genanalysen ermittelten sie den sogenannten polygenen Score für die Taktsynchronisation. Dabei handelt es sich um die Fähigkeit, rhythmisch zu klatschen, die eng mit der Musikalität verknüpft ist. Frühere Studien haben gezeigt, dass Musikalität im Durchschnitt zu 42 Prozent vererbt wird. Der entsprechende polygene Score Beethovens stach im Vergleich zu großen Bevölkerungsstichproben des schwedischen Karolinska-Insti-

tuts und der US-amerikanischen Vanderbilt University aber nicht besonders hervor. Der unauffällige polygene Score-Wert sagt allerdings nichts über Beethovens musikalische Kreativität und seine kompositorischen Fähigkeiten aus. Den Autorinnen und Autoren der aktuellen Studie zufolge ist das ein Beleg für die begrenzte Aussagekraft genetischer Analysen: Die Untersuchung von genetischen Einflüssen könne in großen Stichproben zwar Erkenntnisse darüber liefern, wie und warum sich musikalische Fähigkeiten und musikalisches Verhalten von Mensch zu Mensch unterscheiden. Fähigkeiten oder das Verhalten einer einzelnen Person ließen sich anhand von Genanalysen jedoch nicht zuverlässig vorhersagen.

www.mpg.de/21804998

SICHERER WEG ZU FARBSTOFFEN

Farbstoffe und andere chemische Produkte lassen sich künftig deutlich sicherer herstellen. Bei der seit über 100 Jahren gängigen Synthese dieser Substanzen sammeln sich in einem Zwischenschritt explosive Aryldiazoniumsalze an, die in der Vergangenheit oft Chemieunfälle auslösten. Chemiker des Max-Planck-Instituts für Kohlenforschung haben nun einen Reaktionsweg gefunden, bei dem die explosiven Salze gleich weiterreagieren und sich nicht ansammeln. Dass auf der neuen Syntheseroute Aryldiazoniumsalze entstehen und gewissermaßen gleich entschärft werden, entdeckte das Mülheimer Team zufällig bei der Arbeit an einem anderen Projekt. Nach dem Lehrbuchwissen war das nicht zu erwarten. Als Ausgangsstoffe sind für den neuen Syntheseweg nur kostengünstige Chemikalien nötig, die bereits in großen Mengen für die Produktion von Düngemitteln und Kraftstoffen eingesetzt werden. Mit der neuen Methode könnte die Produktion von Farbstoffen also nicht nur sicherer, sondern auch billiger werden.

www.mpg.de/21879939

KRAFTLOSES ZENTRUM

Im Jahr 2022 hat ein internationales Forschungsteam, darunter auch Forschende der Max-Planck-Gesellschaft, das erste Bild des schwarzen Lochs Sagittarius A* im Zentrum der Milchstraße veröffentlicht. Neue Beobachtungen mit dem Event Horizon Telescope zeigen, dass dieses schwarze Loch starke Magnetfelder besitzt, die sich spiralförmig von seinem Rand ausbreiten – ganz ähnlich, wie es bereits bei dem Massemonster im Zentrum der Galaxie M87 beobachtet wurde. Diese Magnetfelder könnten auf einen Materiejet hinweisen, der vor einigen Millionen Jahren große Mengen an Materie ins All geschleudert hat. Heute ist der Jet dafür zu schwach, er ist – so die Fachleute –

„frustriert“. Polarisiertes Radiolicht, das nur schwer zu messen ist, enthüllt diese Magnetfelder und ermöglicht es, ihre Struktur zu kartieren. Diese Entdeckung gibt Einblick in die komplexe Umgebung von Sagittarius A*, in der Gravitation, Magnetismus und Raumzeitkrümmung aufeinandertreffen. Die leuchtende Umgebung des 27 000 Lichtjahre entfernten schwarzen Lochs erscheint am Himmel nur so groß wie ein Donut auf dem Mond. Um Bilder davon zu machen, braucht es ein Teleskop, das so groß ist wie die Erde. Das Event Horizon Telescope erfüllt diese Anforderung. Es besteht aus acht Radioobservatorien, die über den Globus verteilt sind.

www.mpg.de/18624833

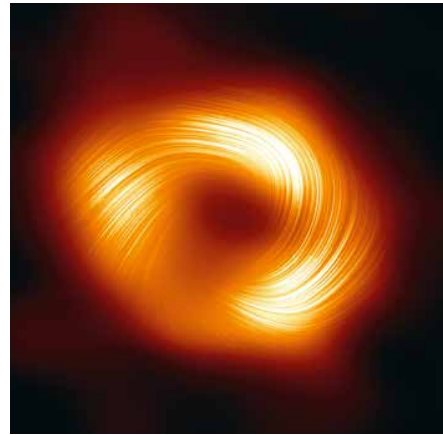


BILD: THE EHT COLLABORATION

Foto des Event Horizon Telescope von der leuchtenden Umgebung des schwarzen Lochs Sagittarius A* im Zentrum der Milchstraße. Die Linien folgen der Polarisationsrichtung des Radiolichts, verursacht durch ein spiralförmiges Magnetfeld, das sich aus der Bildebene herausdreht.



FOTO: SUTEISHI / ISTOCK

Tänzerinnen und Tänzer sind offener und verträglicher als andere Menschen – vor allem wenn sie Swing tanzen.

RHYTHMUS STATT NEUROSEN

Wer tanzt, ist weniger neurotisch als Menschen, die nicht tanzen. Das belegt eine Studie unter der Leitung des Max-Planck-Instituts für empirische Ästhetik in Frankfurt am Main. Die Forschenden analysierten dabei Daten von mehr als 5400 Personen aus Schweden und 574 Personen aus Deutschland. Sie untersuchten die in der Psychologie oft verwendeten Big-Five-Persönlichkeitsmerkmale: Offenheit, Gewissenhaftigkeit, Extraversion, Verträglichkeit und Neurotizismus.

Danach zeigten sich sowohl Hobby- als auch Profitänzerinnen und -tänzer offener und verträglicher als Nichttanzende. Über das Maß der Verträglichkeit entscheidet wohl auch die Art des Tanzes: So scheinen Swing-Tänzerinnen und -Tänzer noch weniger neurotisch zu sein als Menschen, die zum Beispiel Latein- und Standardtänze ausüben. Dies muss allerdings erst noch anhand größerer Datenmengen bestätigt werden.

www.mpg.de/22051204

KULTURELLE VORLIEBEN ENTSCHIEDEN

Was sind Pull-Faktoren für Migration? Forschende des Max-Planck-Instituts für demografische Forschung haben anhand von Facebook-Daten den Einfluss kultureller Ähnlichkeiten auf Migrationsströme untersucht. Ergebnis: Die kulturelle Nähe spielt bei der Wahl des Ziellandes eine ebenso wichtige Rolle wie die gemeinsame Sprache und Geschichte. Die Forschenden belegten zudem, dass Wanderungsbewegungen und kulinarische Vorlieben zusammenhängen, so etwa wenn auf Facebook das Interesse in Brasilien an amerikanischen Essen deutlich stärker ist als das Interesse in den USA an brasilianischem. Kulturelle Aspekte des Alltagslebens reagieren sensibel auf Veränderungen im Umfeld und können Hinweise für die Modellierung und Vorhersage von Migration liefern.

www.mpg.de/21741605

GANZ DIE ELTERN

In Zeiten des Klimawandels wollen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler den Nahrungsbedarf der wachsenden Weltbevölkerung durch die Zucht neuer, widerstandsfähiger und ertragreicher Nutzpflanzen decken. Dazu zählen Hybridpflanzen, die aus zwei verschiedenen Elternlinien mit vorteilhaften Eigenschaften hervorgegangen sind. Doch die Leistungsfähigkeit von Hybridpflanzen verschwindet in den nachfolgenden Generationen wieder, da vorteilhafte Genkombinationen durch die Neuordnung des Erbguts bei Bildung von Geschlechtszellen verloren gehen. Daher muss Hybridsaatgut immer wieder neu produziert werden. Forschende des Max-Planck-Instituts für Pflanzenzüchtungsforschung haben anhand von Tomaten nun eine Methode entwickelt, bei der die Geschlechtszellen nicht wie normalerweise durch eine besondere Form der Zellteilung (Meiose), sondern durch eine einfache Teilung (Mitose) entstehen. Dabei wird das Erbgut nicht durchmischt, und es entstehen genetisch identische Geschlechtszellen. Somit sind alle vorteilhaften Eigenschaften beider Hybrid-Elternteile in der neuen Pflanze vereint. Vermutlich lässt sich die Technik auch an Kartoffelpflanzen und an weiteren Kulturpflanzen anwenden.

www.mpg.de/21912969

ORANG-UTAN HEILT SICH SELBST

Forschende haben beobachtet, wie ein Orang-Utan eine offene Wunde im Gesicht mit Pflanzensaft behandelte. Das Tier, das vermutlich bei einem Kampf mit einem Artgenossen im Gesicht verletzt worden war, riss Blätter einer Liane ab, zerkaute sie und trug den Saft mehrfach auf die Wunde auf. Zuletzt bedeckte es die Wunde vollständig mit den zerkauten Blättern. Die Blätter enthalten antibakterielle und entzündungshemmende Substanzen, sie werden deshalb wegen ihrer schmerzstillenden und fiebersenkenden Wirkung in der traditionellen Medizin zur Behandlung verschiedener Krankheiten eingesetzt. Noch ist nicht geklärt, ob der

Orang-Utan diese Art der Wundbehandlung selbst „erfunden“ hat – etwa als diese oder eine frühere Wunde beim Fressen zufällig mit dem schmerzstillenden Pflanzensaft in Berührung kam. Er könnte sich die Behandlung auch bei Artgenossen abgeschaut haben. Allerdings ist das Verhalten bislang noch bei keinem anderen Orang-Utan beobachtet worden. Bekannt ist, dass Menschenaffen zur Behandlung von Parasiteninfektionen Pflanzen zu sich nehmen und sie auf ihre Haut reiben, um Muskelschmerzen zu lindern. Schimpansen in Gabun behandeln Wunden sogar mit Insekten.

www.mpg.de/21889002



Verletzter Orang-Utan auf Sumatra. Zwei Tage nach der Aufnahme träufelte das Tier den Saft aus einer Lianenpflanze auf die Wunde und bedeckte diese danach mit den zerkauten Blättern.

WOLKEN AUS FLÜSSIGEM SALZ

Auf dem Exoplaneten Wasp-43b herrscht ein Klima, das nach irdischen Maßstäben unvorstellbar ist: Forschende unter anderem des Max-Planck-Instituts für Astronomie haben mithilfe von Daten des James-Webb-Weltraumteleskops eine Temperaturkarte des heißen Gasriesen erstellt. Der nahe gelegene Mutterstern heizt eine Seite des Planeten auf 1250 Grad Celsius auf, während die andere Seite in ewiger Nacht liegt und daher nur 600 Grad heiß ist. Der extreme Temperaturunterschied verursacht heftige Winde, die heißes Gas mit bis zu 9000 Kilometern pro Stunde zur Nachtseite blasen dürften. Dort sind die Temperaturen niedrig genug, so dass das Gas kondensieren und eine dicke Wolkenschicht bilden müsste. Dabei handelt es sich jedoch nicht um Wasserwolken wie auf der Erde, sondern um Wolken aus flüssigen Salzen und anderen Mineralien, die das James-Webb-Teleskop in der Atmosphäre



BILD: T. MÜLLER (MPIA/HDA)

von Wasp-43b über ihre spektroskopischen Fingerabdrücke nachgewiesen hat. Der Exoplanet ist mit 280 Lichtjahren zu weit von der Erde entfernt, als dass sein Aussehen sich im Detail studieren ließe. Stattdessen hat das Team verschiedene Moleküle in den Spektren des Lichts nachgewiesen, das auf seinem Weg zur Erde die Atmosphäre des Exoplaneten passiert hat.

www.mpg.de/21871572

So könnte der heiße Gasriesen Wasp-43b aussehen, der seinen Mutterstern eng umkreist. Da der Stern stets die gleiche Seite des Planeten beleuchtet, dürfte auf Wasp-43b ein extremes Klima herrschen.

13

UV-geschädigte Zellen bilden in ihrer Zellflüssigkeit Tröpfchen mit dem Protein DHX9 (grün). Darin sammeln sie beschädigte RNA-Moleküle und sortieren sie aus.

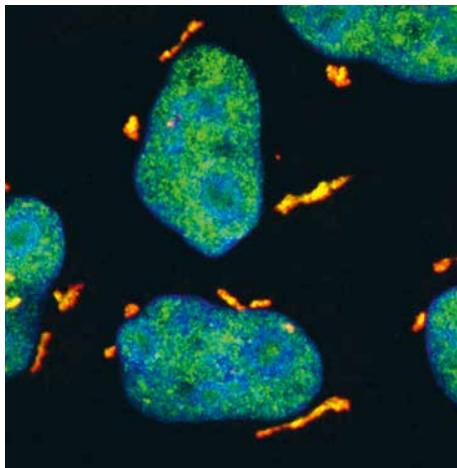


BILD: MPI FÜR IMMUNBIOLOGIE UND EPIGENETIK / AKHTAR

SONNENSCHUTZ FÜR ZELLEN

Bei der Zellteilung werden die DNA und andere Moleküle an die Tochterzellen weitergegeben. Sie können jedoch schädliche Mutationen enthalten oder anderweitig beschädigt sein, so zum Beispiel, wenn eine Zelle starkem Sonnenlicht ausgesetzt war. UV-Strahlung schädigt nicht nur DNA-, sondern auch RNA-Moleküle, die beim Ablesen der DNA entstehen und unter anderem die in der DNA enthaltene genetische Information zum Ort der Proteinbildung übermitteln. Forschende des Max-Planck-Instituts für Immunbiologie und Epigenetik haben jetzt einen zellulären Schutzschild entdeckt, mit dem sich Zellen vor den negativen Folgen von beschädigter RNA schützen können. Sie haben Zellen mit UV-Licht bestrahlt und festgestellt, dass anschließend in der Zellflüssigkeit Tröpfchen eines Pro-

teins namens DHX9 vorkommen. Die Analyse der Tröpfchen ergab, dass diese voller beschädigter RNA-Moleküle waren. Offensichtlich können Zellen RNA, die durch UV-Licht geschädigt wurde, in diesen DHX9-Tröpfchen sammeln und aussortieren. Experimente der Forschenden zeigen, dass die bestrahlten Zellen schneller sterben, wenn sich die Tröpfchen nicht bilden können. Die Forschenden beobachteten zudem, dass die Tröpfchen nicht in der durch UV-Licht beschädigten Mutterzelle entstehen. Stattdessen bilden sich die DHX9-Tröpfchen erst in den beiden Tochterzellen. Zellen geben den Sonnenschutz also bei der Zellteilung weiter. Diese Erkenntnisse könnten neue Behandlungswege gegen Sonnenbrand und Krebs eröffnen.

www.mpg.de/21706820

KELTISCHE DYNASTIEN

Die Kelten begruben Angehörige der Oberschicht in Grabhügeln. Viele dieser teils gewaltigen Monumente sind zwar erhalten geblieben, doch wer ihn ihnen bestattet wurde, ist bis heute ein Geheimnis. Forschende des Max-Planck-Instituts für evolutionäre Anthropologie haben nun Erbgut-Abschnitte von über 30 Personen aus mehreren Grabhügeln in Baden-Württemberg rekonstruiert. Ihre Analysen haben ergeben, dass die Individuen miteinander verwandt waren. So müssen die Personen, die in den als Fürstengräber bekannten Grabhügeln von Eberdingen-Hochdorf und Asperg-Grafenbühl bestattet worden waren, Onkel und Neffe gewesen sein: Die Schwester des Hochdorfer Fürsten war die Mutter des Asperger Fürsten. Auch andere in den beiden Grabhügeln sowie in dem hundert Jahre früher angelegten Grabhügel des Magdalenenbergs bestattete Personen waren miteinander verwandt. Die Ergebnisse zeigen, dass politische Macht bei den Kelten an die nachfolgende Generation vererbt wurde und sie folglich Dynastien besessen haben müssen.

www.mpg.de/21993103



Rekonstruktion des Zentralgrabes des Hügels von Eberdingen-Hochdorf in Baden-Württemberg.

BILD: LANDESMUSEUM WÜRTTEMBERG, FABERGOURTIAL; THOMAS HOPPE (WISSENSCHAFTLICHE REKONSTRUKTION)

14



Durch den Austausch mit einem Gegenüber fördern Dyaden-Programme eine positivere Weltsicht und helfen auf diese Weise bei Depressionen.

FOTO: COETZEE / PEOPLEIMAGES.COM / ADOBE STOCK

ZU ZWEIT GEGEN EINSAMKEIT

In Deutschland steigt insbesondere seit der Corona-Pandemie die Zahl der Menschen, die sich einsam, ängstlich oder depressiv fühlen. In einer groß angelegten Studie zur psychischen Gesundheit haben Forschende des Social Neuroscience Lab der Max-Planck-Gesellschaft Tausende Berliner Bürgerinnen und Bürger während der Pandemie befragt. Die Ergebnisse zeigten, dass Einsamkeit, Stress, Depressionen und Angstzustände mit jedem Lockdown zunahm. In einer zweiten Phase boten die Forschenden On-

line-Trainingsprogramme an. Das Team verglich die Wirksamkeit allein durchgeführter Achtsamkeitsübungen mit dem Effekt sogenannter Dyaden-Programme, in denen sich zwei Menschen austauschen. Sie erörtern dabei abwechselnd mit sich selbst bestimmte Themen, während die andere Person nur zuhört, ohne zu urteilen. Die neuen Ergebnisse zeigen, dass solch täglich praktizierte Dyaden die Widerstandsfähigkeit, das Einfühlungsvermögen und das Mitgefühl steigern und die sozialen Beziehungen vertiefen kön-

nen. Während sowohl die Achtsamkeitsübung als auch Dyaden-Programme psychische Probleme verringern, reduzieren nur die Dyaden Einsamkeit, Depression, Angst und eine negative Lebenseinstellung. Die Forschenden wollen die Dyaden-Programme nun so weiterentwickeln, dass sie in großem Maßstab in gesellschaftlichen Bereichen eingesetzt werden können, in denen hohe Burn-out-Raten und Stress an der Tagesordnung sind – etwa im Gesundheits- oder Bildungssystem.

www.mpg.de/21926243

SCHWIMMEN IM TAKT

Wenn zwei Fische miteinander schwimmen, stimmen sie ihre Bewegungen ab. Das haben Bewegungsanalysen ergeben, die Forschende des Max-Planck-Instituts für Verhaltensbiologie durchgeführt haben. Diese Untersuchungen haben gezeigt, dass die Fische die Schwimmbewegungen nicht gleichzeitig machen, sondern abwechselnd. Sie tun das aber nur, wenn jeder der beiden auf die Bewegung des anderen achtet. Computermodelle und Experimente mit virtuellen Fischen haben gezeigt, dass die Gegenseitigkeit das Schwimmverhalten der Fische maßgeblich beeinflusst. Fische, die ihre Bewegungen zeitlich aufeinander abstimmen, besitzen sogar stärkere soziale Bindungen zueinander.

Auch für den Menschen ist die Gegenseitigkeit bei den meisten paarweisen Aktivitäten zentral – sei es beim Tanz, Sport oder bei Gesprächen. Dagegen synchronisieren sich andere Arten auch dann, wenn der eine Partner nicht auf sein Gegenüber reagiert. So stellen etwa Glühwürmchen ihr Leuchten mitunter auch auf eine blinkende künstliche Lichtquelle ein.

www.mpg.de/21979782



FOTO: CHRISTIAN ZIEGLER / MPI FÜR VERHALTENSBIOLOGIE

Zebrafische im Schwarm.

NERVENZELLEN GEGEN DEN APPETIT

Eine bevorstehende Prüfung, eine Schifffahrt oder verdorbenes Essen – all das kann zu Übelkeit führen. Und wem schlecht ist, der hat in der Regel auch keinen Appetit. Warum ist das so? Forschende des Max-Planck-Instituts für biologische Intelligenz haben im Gehirn von Mäusen einen Schaltkreis identifiziert, der die Tiere vom Fressen abhält, wenn ihnen übel ist. Eine wichtige Rolle spielt dabei eine Gruppe von Nervenzellen in der Amygdala – einer Hirnregion, die unter anderem Emotionen rund ums Essen steuert. Die Nervenzellen werden bei Übelkeit aktiviert und übermitteln appetithemmende Signale. Schalteten die Forschenden die Zellen künstlich an, hörten selbst hung-

rige Mäuse auf zu fressen. Im Gegenzug führte das Ausschalten der Zellen dazu, dass die Mäuse selbst dann fraßen, wenn ihnen übel war. Die neu entdeckten Zellen senden ihre hemmenden Signale unter anderem in eine Region des Hirnstamms, in der Informationen über den Zustand des Körpers zusammenlaufen. Anders eine andere Gruppe von Nervenzellen in der Amygdala, die den Appetit zügelt, wenn die Mäuse satt sind: Sie steuert fast nur benachbarte Nervenzellen an. Die Ergebnisse zeigen also, dass es unterschiedliche Formen von Appetitlosigkeit gibt, für die jeweils unterschiedliche Schaltkreise im Gehirn verantwortlich sind.

www.mpg.de/21757561



© Fotos: Archiv der Max-Planck-Gesellschaft.
Titelbild: digitale frische, Köln.

ANZEIGE

15 DahlemTour Berlin

Stadtführungen für Gruppen, Schulklassen und Einzelpersonen.

Überblicks- und Thementouren

Tauchen Sie ein in die faszinierende Welt der Wissenschaft im 20. Jahrhundert und begeben Sie sich auf eine Zeitreise durch das „deutsche Oxford“, heute Campus Berlin-Dahlem.

Audioguide

Entdecken Sie den Campus Dahlem auf eigene Faust mit dem Audioguide.

Max-Planck-Gesellschaft
Büro Berlin – Abteilung Kommunikation

Anfragen:
Dahlemtour@gv.mpg.de



Informationen:
www.mpg.de/dahlemtour

KLIMASCHUTZ MIT GEWINN

Seit mehr als drei Jahrzehnten ist bekannt, wie der CO₂-Ausstoß das Klima verändert. Dennoch schafft es die Weltgemeinschaft nicht, ihn mit der nötigen Konsequenz zu senken. Warum das so ist und wie sich das ändern lässt, sind Fragen der Sozialwissenschaft, wie der Wirtschaftssoziologe Jens Beckert ausführt. Der Direktor am Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung skizziert zudem, wie erfolgreiche Klimapolitik gestaltet sein könnte.

Im Jahr 1988 warnte der NASA-Wissenschaftler James Hansen vor dem US-Kongress eindringlich vor der menschengemachten globalen Klimaerwärmung. Mit seiner Stellungnahme brachte Hansen die Gefahren des Klimawandels in das Bewusstsein einer breiten Öffentlichkeit. Wenige Jahre später wies Klaus Hasselmann, der am Aufbau des Hamburger Max-Planck-Instituts für Meteorologie maßgeblich beteiligt war, mit statistischen Methoden erstmals den Einfluss der Menschheit auf das Klima nach. 2021 erhielt er dafür den Physik-Nobelpreis. Nun sind über drei Jahrzehnte vergangen, seit die Bedrohung durch den Klimawandel bekannt wurde. In dieser Zeit hat sich der jährliche globale Ausstoß von Treibhausgasen aus der Verbrennung fossiler Energieträger jedoch nicht etwa verringert, sondern ist noch einmal um etwa zwei Drittel angestiegen. Zugleich erhöhte sich die globale Durchschnittstemperatur bis heute um knapp 1,2 Grad Celsius gegenüber der vorindustriellen Zeit, im vergangenen Jahr wurde erstmals ein Anstieg um fast 1,5 Grad gemessen. Die Welt steuert beinahe ungebremst auf eine erhebliche weitere Klimaerwärmung zu.

→

ZUR SACHE

JENS BECKERT

Jens Beckert ist Direktor am Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung und Professor für Soziologie in Köln. Er erforscht, welche sozialen, kulturellen und politischen Rahmenbedingungen für die Entwicklung der sozialen Ordnung von Märkten bestehen müssen. Vor diesem Hintergrund analysiert er auch die Gründe, inwiefern Anreize für die Transformation der Gesellschaft hin zu einer klimaneutralen Wirtschaftsweise fehlen und warum Klimaschutzpolitik nicht allgemein akzeptiert ist. Diesen Fragen geht er auch in seinem Buch *Verkaufte Zukunft* nach, das für den Deutschen Sachbuchpreis nominiert ist.

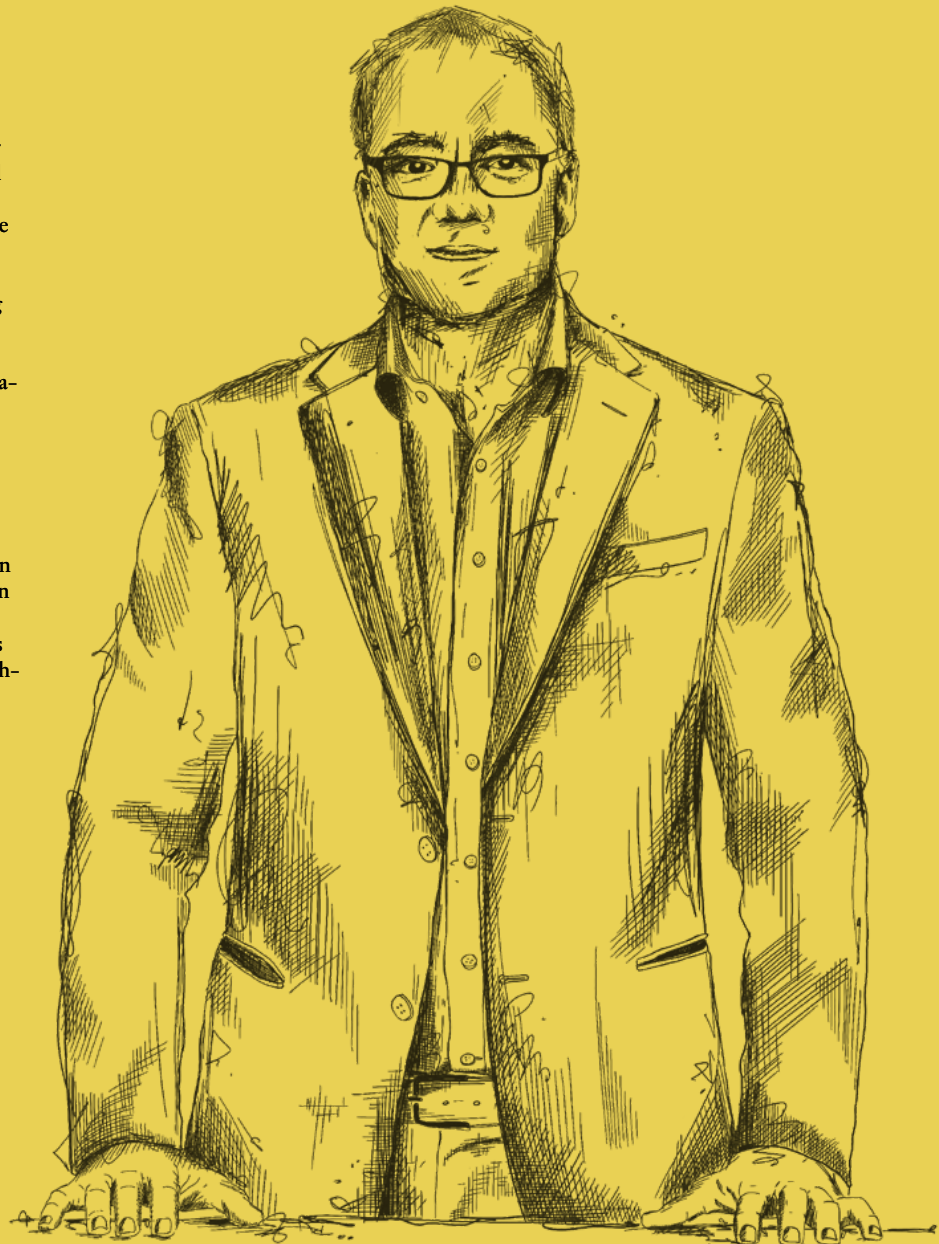


ILLUSTRATION: SOPHIE KETTERER FÜR MPG

ES IST
WUNSCHDENKEN,
DIE PARISER
KLIMAZIELE
NOCH FÜR
ERREICHBAR ZU
HALTEN.

Laut Prognosen der Vereinten Nationen und der Internationalen Energieagentur wird die Temperatur bis zum Ende des Jahrhunderts wohl um insgesamt 2,5 Grad, möglicherweise sogar um 3 Grad Celsius ansteigen. Die Folgen lassen sich zwar allgemein beschreiben, die konkreten Auswirkungen auf einzelne Gesellschaften hingegen lassen sich nicht exakt vorhersagen: Extremwetterereignisse werden zunehmen, Niederschlagsmuster werden sich verändern, Infektionskrankheiten werden sich verbreiten und dicht bevölkerte Küstenregionen sind durch einen steigenden Meeresspiegel gefährdet. Die rapide Destabilisierung natürlicher Lebensbedingungen wird beträchtliche ökonomische Schäden verursachen, soziale und politische Spannungen verschärfen und zu erheblichem Leid vieler Menschen führen.

Der prognostizierte weitere Temperaturanstieg ist nicht mehr aufzuhalten – nicht zuletzt, weil bei einer jährlich um 3 Prozent wachsenden Weltwirtschaft und angesichts wirtschaftlicher, politischer und kultureller Strukturen, die auf Kontinuität und weiteres Wachstum ausgerichtet sind, immer mehr Energie benötigt wird. Die notwendige Transformation der Energieversorgung ist zwar in Gang gesetzt, vollzieht sich jedoch viel zu langsam, um die Verbrennung fossiler Energieträger in den nächsten Jahrzehnten zu ersetzen. Fortschritte bei der Energieeinsparung und der Aus-

bau erneuerbarer Energien bleiben weit hinter dem Erforderlichen zurück. Auch wenn in Deutschland der steigende Anteil der Erneuerbaren am Strommix bejubelt wird: Weltweit werden nur zwei Prozent des Primärenergieverbrauchs durch Wind- und Solarenergie gedeckt. Und auch in Deutschland sind fast 80 Prozent der verwendeten Primärenergie fossil. Bevölkerungreiche Länder wie Indien, Indonesien oder Nigeria stehen in den Startlöchern ihrer weiteren wirtschaftlichen Entwicklung und werden dafür in hohem Maße auf Kohle, Öl und Gas zurückgreifen.

Zwar ist es durchaus vorstellbar, dass es irgendwann in der Zukunft eine weitgehend defossilisierte Energieversorgung geben wird. Die Transformation wird jedoch weit längere Zeiträume brauchen, als es die in Paris vereinbarten Klimaziele zulassen. Wenn – wie erwartet – der Höchststand bei der Verbrennung fossiler Energieträger am Ende dieser Dekade erreicht sein sollte, werden selbst bei Umsetzung der bestehenden Pläne zur Energiewende noch bis in die Mitte des Jahrhunderts so große Mengen an Öl, Gas und Kohle verbrannt werden, dass der durch sie verursachte Treibhausgasausstoß nur um ungefähr ein Viertel zurückgehen wird – so die Internationale Energieagentur.

Dies sind ernüchternde Zahlen. Was folgt daraus? Zunächst einmal: Sie sind anzuerkennen. Es ist Wunschdenken, die Pariser Klimaziele noch für erreichbar zu halten. Ein Wunschdenken, das zwar verständlich ist, das uns aber auch den Blick verstellt für das, was nötig ist. Denn das Schielen darauf, dass am Ende doch immer noch alles gut gehen wird, ist Zeitvergeu-

OHNE TECHNO- LOGISCHEN FORTSCHRITT IST DER KLIMA- WANDEL NICHT ZU BREMSEN.

derung. Es lenkt von der offensichtlichen Herausforderung ab: Gesellschaften müssen sich darauf vorbereiten, mit den Folgen der kommenden weiteren Klimaerwärmung umzugehen. Es muss in Infrastrukturen investiert werden, die Lebensbedingungen stabilisieren, wenn die Folgen des Klimawandels sich immer kraftvoller zeigen werden. Sei es der Hochwasserschutz, die Begrünung von Städten, der Ausbau des Katastrophenschutzes, die Umstellung der Landwirtschaft oder der Schutz vulnerabler Bevölkerungsgruppen vor zunehmender Hitze während der Sommermonate. Hier sind erhebliche Investitionen in Gemeinschaftsgüter der kollektiven Daseinsvorsorge nötig.

Doch Klimaanpassung erfordert nicht nur den Aufbau resilienter materieller Infrastrukturen. Sie umfasst auch den Aufbau sozialer Resilienz. Wenn Gesellschaften zukünftig vermehrt mit Verlusten umgehen müssen, entstehen politisch konflikträchtige soziale Spannungen. Wie werden die Verluste verteilt? Wie lässt sich gesellschaftliche Solidarität aufrechterhalten angesichts der Kosten, die aus der zunehmenden „Unzuverlässigkeit der Natur“ entstehen? Die Zeichen an der Wand sagen, dass Klimawandel zu einer bedeutenden weiteren Ursache sozialer Ungleichheit wird und dadurch soziale Konflikte antreiben wird. Der Klimawandel wird damit auch zu einer Herausforderung für die Demokratie, die soziale Spannungen immer weniger durch die Verteilung von Zuwächsen mindern kann. Zu den zunehmenden Spannungen wird auch das Verhältnis zwischen den reichen Industrieländern und dem globalen Süden beitragen. Denn diese Länder werden die Hauptlast der ökologischen Krise zu tragen haben, sie haben weit geringere Mittel, ihre Bevölkerungen zu schützen, und sie tragen keine historische Verantwortung für den Klimawandel.

Mit Klimaanpassung allein ist es allerdings nicht getan. Den zerstörerischen und teuren Folgen des Klimawandels lässt sich nur begegnen, indem dessen Ursachen beseitigt werden. Das Mittel hierfür ist bekannt: Die Verbrennung fossiler Energieträger muss beendet werden, und zwar durch den Ausbau erneuerbarer Energien und die Senkung des Energieverbrauchs. Viele der technologischen Voraussetzungen für die Transformation von Energiesystemen bestehen bereits. Gleichwohl gibt es erheblichen weiteren Forschungsbedarf. Nur durch Forschung lassen sich neue Technologien entwickeln, die Solar- und Windkraft effizienter machen, den Energieverbrauch senken, Rohstoffe in höherem Maß wiederverwendbar machen oder es ermöglichen, CO₂ bei der Produktion kostengünstiger abzuscheiden oder der Atmosphäre wieder zu entziehen. Man muss nicht blind an Technologieentwicklung als Deus ex Machina der Lösung der Klimakrise glauben, um zu sehen, dass natur- und ingenieurwissenschaftliche Erkenntnisse vorangetrieben werden müssen, will man den Klimawandel eindämmen. Ohne weiteren technologischen Fortschritt wird der Klimawandel nicht zu bremsen sein. —>

Doch technologischer Fortschritt allein genügt nicht. Dass die Transformation zu erneuerbaren Energien so langsam vorankommt, liegt ja allenfalls zum Teil an fehlenden Technologien. Vielmehr bleiben die vorhandenen technologischen Möglichkeiten viel zu häufig ungenutzt.

An dem globalen Versagen beim Klimaschutz während der vergangenen drei Jahrzehnte lässt sich genau dies ja erkennen. E-Autos hatten 2022 weltweit einen Anteil von gerade einmal zwei Prozent an der Bestandsflotte. Bei den Neuverkäufen lag ihr Anteil 2023 bei immerhin knapp 16 Prozent. Die Zielmarken des Verbots der Neuzulassung von Verbrennern, soweit überhaupt vorhanden, werden immer wieder verschoben. Der Ausbau erneuerbarer Energien wird durch langwierige Planungsverfahren,

SOZIALWISSEN-
SCHAFTEN
BESCHÄFTIGEN
SICH MIT ANREIZ-
STRUKTUREN –
AUCH BEIM
KLIMASCHUTZ.

hohe Finanzierungskosten, Materialknappheiten und auch durch Widerstände in der Bevölkerung verzögert. Sowohl im globalen Norden als auch im globalen Süden werden immer neue Kohle-, Gas- und Ölvorkommen erschlossen, obwohl bekannt ist, dass diese im Boden bleiben müssten, will man die Erderwärmung aufhalten. Klimaschutzpolitik kann nicht erfolgreich sein, wenn vorhandenes Wissen umgangen wird und technische Möglichkeiten zögerlich umgesetzt werden.

Warum Gesellschaften so weit hinter dem technologisch Möglichen zurückbleiben, ist eine sozialwissenschaftliche Frage. Es sind die Sozialwissenschaften, die sich mit den Macht- und Anreizstrukturen beschäftigen, die das Handeln von Unternehmen, Politik, Wählerschaft und Konsumenten bestimmen – auch beim Klimaschutz. Ihre Themen sind der soziale Wandel, die Funktionsweise politischer Prozesse, Dilemmata kollektiven Handelns, die Ursachen und Folgen sozialer Ungleichheit oder auch die Verbreitung neuer Technologien. Nur aus der genauen Kenntnis der sozialen Mechanismen, die den Umgang mit der Klimakrise bestimmen, lassen sich politische Entscheidungen ableiten, die möglicherweise zu effektiverem Klimaschutz führen.

Der Blick der Sozialwissenschaften lässt erkennen, wie Unternehmen sich an ökonomischen Anreizen orientieren und bestehende profitable Geschäftsmodelle verteidigen, solange die Kosten der damit verbundenen Umweltzerstörung externalisiert werden können. Es liegt nicht zuletzt an der Gewinn- und Wachstumsorientierung, dass kapitalistische Wirtschaftssysteme zunächst kostspielige Maßnahmen zum Klimaschutz zu zögerlich ergreifen. Organisationen sind aber auch durch Pfadabhängigkeiten geprägt; vorhandene Organisationsstrukturen, Qualifikationen der Beschäftigten und kulturell geprägte Weltbilder bestimmen die Wahrnehmung von Interessen. Politiker sind nicht bereit, für die Wähler und Wählerinnen kostspielige Entscheidungen zu treffen, wenn deren Nutzen – ein weniger aufgeheiztes Klima – Dekaden entfernt liegt. Bürgerinnen und

Bürger schrecken vor den Kosten der Energiewende zurück und verteidigen bestehende Lebensformen gegen Veränderungen. Die Länder des globalen Südens wollen ihren Weg zu mehr Wohlstand gehen – auch wenn dies weitere Treibhausgasemissionen bedeutet. All dies sind sozialwissenschaftliche Themen, einschließlich von Fragen, die auf die politischen und sozialen Voraussetzungen von Veränderungen der bestehender Handlungsstrukturen zielen.

Will man mit dem Klimaschutz vorankommen, müssen die Mechanismen offengelegt werden, die einerseits zu Blockaden führen, andererseits aber auch verändertes Handeln motivieren können. Ein paar Beispiele. Unternehmen können durch veränderte Anreizstrukturen zur Defossilisierung ihrer Geschäftsmodelle bewegt werden. Dies erfordert regulatorische Maßnahmen oder Subventionen, wie sie in Deutschland etwa für den Umbau der Stahlindustrie geschaffen wurden. Widerstände in der lokalen Bevölkerung gegen Windräder werden geringer, wenn die Menschen vor Ort an den Einnahmen aus der Stromerzeugung beteiligt werden. Ein Klimageld, das einen sozialen Ausgleich für die mit der Energiewende verbundenen Kosten für weniger wohlhabende soziale Schichten schafft, erhöht die Zustimmung für Klimaschutz bei Menschen, deren Skepsis gegenüber Umweltpolitik häufig besonders ausgeprägt ist. Gesellschaften verfügen aber auch über moralische Ressourcen, das heißt, Menschen sind zu neuen Einsichten fähig und bereit, sich für Gemeingüter einzusetzen, auch wenn dies zumindest kurzfristig dem individuellen Nutzen entgegensteht. Dies zeigt sich latent in der großen Zustimmung zum Klimaschutz in Umfragen, konkret in tatsächlichen Verhaltensänderungen, in der Beteiligung an sozialen Bewegungen oder im Engagement für den Klimaschutz in lokalen Initiativen.

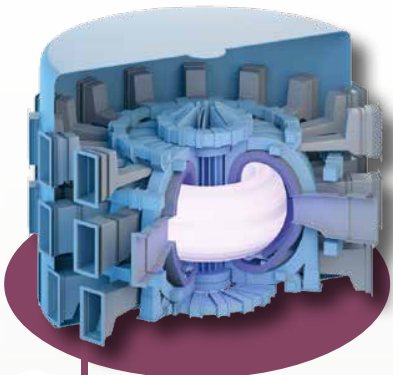
21



Diese Ansatzpunkte genau zu verstehen, kann dazu beitragen, politische Entscheidungen mehr in Einklang mit den Erfordernissen des Klimaschutzes zu bringen. Die Frage, unter welchen Bedingungen wünschenswerte Entscheidungen politisch durchsetzbar sind, ist Gegenstand der Sozialwissenschaften. Ihr Wissen um soziale Prozesse ist eine unverzichtbare Voraussetzung erfolgreicher Klimaschutzpolitik.

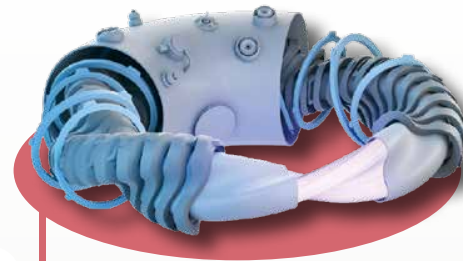
←

Das Buch *Verkaufte Zukunft* von Jens Beckert ist im Suhrkamp-Verlag erschienen. 240 Seiten, 28 Euro



TOKAMAK

Die staatlich finanzierten Anlagen JT-60U, Asdex Upgrade (ein Projekt der MPG) oder Iter (im Bau) schließen Plasma mit einem äußeren Magnetfeld in einer donutförmigen Kammer ein und heizen es von außen.



ADVANCED STELLARATOR

Ein gewundenes Magnetfeld schließt das Plasma im ebenso geformten Plasmagefäß etwa von Wendelstein 7-X ein. Die Heizung erfolgt von außen.

WEGE ZUM FUSIONS-KRAFTWERK

Bei der Kernfusion verschmelzen – wie in der Sonne – Kerne leichter Atome, meist Wasserstoff, zu schwereren wie etwa Helium und setzen Energie frei. Auf der Erde lässt sich der Prozess nur in über hundert Millionen Grad heißem Plasma nachahmen. Solchen Temperaturen hält kein Material stand. Daher verfolgen Forschungseinrichtungen und Unternehmen verschiedene Konzepte, um das Plasma zu kontrollieren. Das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik beispielsweise erforscht den Tokamak und den Stellarator.

22

DAUERBETRIEB VERSUS PULSBETRIEB

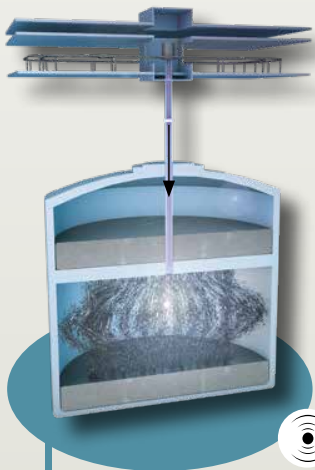
Herkömmliche Kraftwerke erzeugen kontinuierlich Strom, auch einige Fusionskonzepte sehen einen Dauerbetrieb vor (∞). Bei anderen findet die Kernfusion gepulst statt, also stoßweise (⊙). Bislang ist ungelöst, wie sich Fusionsreaktionen bei gepulstem Betrieb schnell genug hintereinander zünden lassen.



REAKTOREN IM DAUERBETRIEB

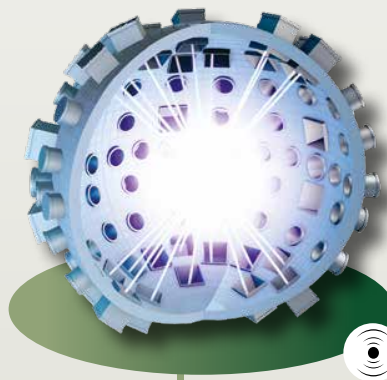


GEPULSTE REAKTOREN



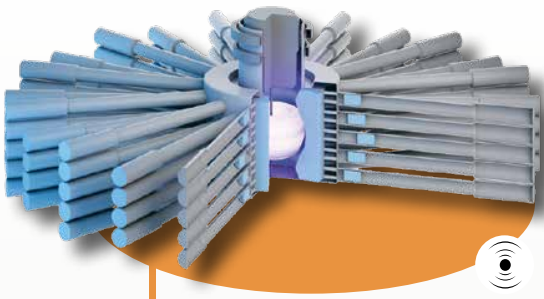
PROJEKTIL-FUSION

Das Spin-off First Light Fusion lässt in eine Reaktionskammer eine Kapsel mit Fusionsbrennstoff fallen, auf die ein Metallprojektile geschossen wird. Der Aufprall erzeugt in der Kapsel Schockwellen, die den Brennstoff komprimieren und zünden.



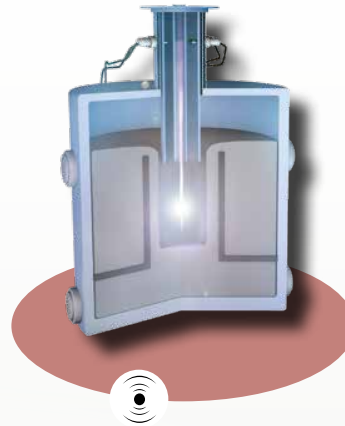
LASER-FUSION

Starke Laser verdichten und heizen Plasma im Zentrum. Beim indirekten Antrieb ● lösen die Laser in einer Metallkugel Röntgenstrahlung aus, die den Brennstoff darin aufheizt und komprimiert. So erzeugte die US-Forschungseinrichtung NIF mehr Fusionsenergie, als Laserenergie investiert wurde. Sie erforscht damit seit Jahrzehnten die Prozesse einer Wasserstoffbombe. Beim direkten Antrieb ● wird dazu eine Kapsel mit dem Brennstoff direkt beschossen und zur Implosion gebracht.



TOKAMAK MIT ÄUSSERER KOMPRESSIION

General Fusion erzeugt ein Tokamak-Plasma in einem Behältnis aus rotierendem, flüssigem Metall, das zur Zündung mit Kolben komprimiert und aufgeheizt wird.



STABILISIERTER Z-PINCH

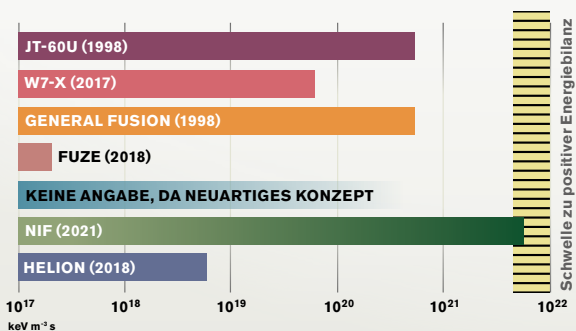
Das Start-up Zap Energy erzeugt zwischen zwei Elektroden einen dünnen Plasmaschlauch, durch den Strom fließt. Durch den Strom entsteht um den Plasmaschlauch ein zylinderförmiges Magnetfeld, das das Plasma extrem komprimiert und aufheizt.

STAND DER ENTWICKLUNG

Wie weit einzelne Fusionskonzepte gediehen sind, lässt sich anhand dreier Kriterien grob bewerten:

TRIPELPRODUKT

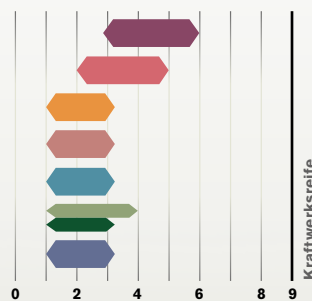
Produkt aus Plasmadichte, Temperatur und der Zeit, über die die Temperatur ohne Heizung aufrechterhalten bliebe. Je höher der Wert, desto höher die Energieausbeute der Fusionsreaktion. Der vertikale Balken markiert die Schwelle, ab der eine positive Energiebilanz erreicht wird. Die Schwellenwerte unterscheiden sich leicht je nach Plasmakontrolle.



Quelle: US-Department of Energy; doi: 10.1063/5.0083990

STATUS DER KRAFTWERKSREIFE

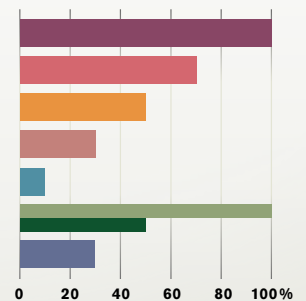
Auch ein Fusionskonzept mit physikalisch positiver Energiebilanz steht noch vor technischen Hürden – etwa die Gesamtenergiebilanz des Kraftwerks (Energiebedarf der Magnete, Laser oder Plasmaheizungen) oder eine hohe Frequenz von Zündungen bei gepulsten Fusionen.



Quelle: Müller & Zohm 2022 (hdl.handle.net/21.11116/0000-000D-EBAF-6); Häfner et al. 2023 (publikationen.bibliothek.kit.edu/1000164488)

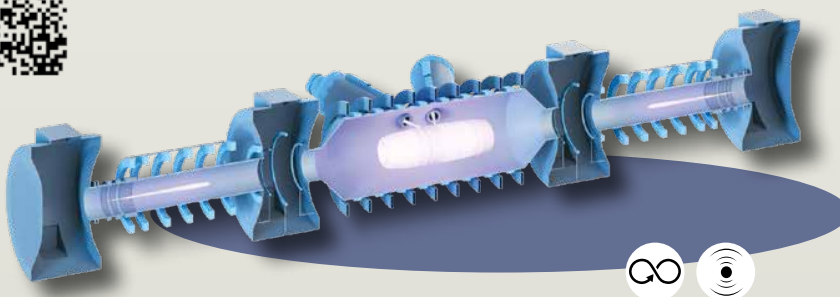
ÜBEREINSTIMMUNG MIT PIONIER-KONZEPTEN

Tokamak und Stellarator, aber auch die Laserfusion am NIF werden seit Jahrzehnten erforscht. Je stärker ein Konzept von diesen etablierten Verfahren abweicht, desto unklarer ist, wie lang der Weg zum Kraftwerk noch sein wird.



Quelle: K. Lackner, IPP

Weitere Infos zu den verschiedenen Konzepten der Kernfusion:



STABILISIERTE FIELD-REVERSED CONFIGURATION (FRC)

Die Unternehmen TAE und Helion schieben zwei Plasmapakete aufeinander, die zu einem heißen Ellipsoid verschmelzen. Dieses Plasma wird weiter geheizt, indem es durch ein äußeres Magnetfeld komprimiert oder mit schnellen Teilchen angereichert wird.

IM FOKUS

RECHT SCHAFFT FREIHEIT

24 | AUF IMMER UND EWIG?

30 | VOM KLIMA VERTRIEBEN

36 | VORTEIL DEUTSCHLAND

24

Gesetzbuch: Welche Aufgaben hat das Recht? Soll es gerecht sein, schafft es Sicherheit? Oder schützt es die Freiheiten, die das Grundgesetz und die europäische Integration gewähren? Auf den folgenden Seiten geben Forschende Antworten auf diese Fragen.



FOTO: ADOBE STOCK / INGO BARTUSSEK

AUF IMMER UND EWIG?

TEXT: NINA SCHICK

Demokratie lässt sich mit demokratischen Mitteln abschaffen. Diese Lehre aus der Weimarer Republik war lange nicht mehr so aktuell wie heute. Wie weit können Gesetze die Demokratie schützen, und wo liegen die Grenzen? Forschende des Netzwerks Max Planck Law ergründen Wirkweise und Notwendigkeit rechtlicher Regelungen.

Wenn sich die Tür in der Holzvertäfelung öffnet und acht Menschen in roten Roben, mit ebenso roten Baretten auf dem Kopf und weißen Jabots vor der Brust, unter dem mächtigen geschnitzten Bundesadler in Aufstellung gehen, weiß fast jeder Mensch in Deutschland, was passiert: Das Bundesverfassungsgericht tritt zusammen und führt eine Verhandlung oder verkündet ein Urteil. Der nächste Satz im zugehörigen Medienbericht dürfte wohl kaum ohne das Wort „Karlsruhe“ auskommen. Die Provinzstadt im Südwesten Deutschlands wurde 1951 zum Sitz des wichtigsten Gerichts des Landes. Hier arbeiten die Richterinnen und Richter in einem unpräzisen, sich flach dahinstreckenden Bau aus viel Beton und noch mehr Glas.

Seit einiger Zeit steht „Karlsruhe“ nicht wegen seiner Entscheidungen im Fokus. Sondern wegen seiner eigenen Stellung in der Verfassung: Muss das Gericht vor politischer Einflussnahme geschützt werden, wenn es etwa im Parlament große Fraktionen verfassungsfeindlicher Parteien gibt? Und wenn ja, wie? Das Bundesjustizministerium hat einen Gesetzentwurf zum Schutz des Bundesverfassungsgerichts im Grundgesetz ausgearbeitet. Auch die Bundesländer und die Partei Die Linke haben einen Entwurf erstellt. Jetzt wird parteiübergreifend diskutiert.

- 26 Ein Blick in andere Staaten zeigt, welche zentrale Rolle die Justiz und insbesondere die Verfassungsgerichte bei der autokratischen Umgestaltung von Staaten spielen. In Polen arbeitete die nationalkonservative PiS-Partei acht Jahre am Umbau der Justiz – mit Auswirkungen, die den Politikwechsel vom Oktober 2023 noch lange überdauern. In Ungarn beschnitt Viktor Orbán gleich nach seiner ersten Wahl 2010 die Kompetenzen des Verfassungsgerichts und besetzte die Gerichte mit linientreuem Personal. In den USA traf Donald Trump Personalentscheidungen für den Obersten Gerichtshof, die dessen Entscheidungen heute, in der Amtszeit Joe Bidens, prägen. Die Liste ließe sich fortsetzen.

Kann Deutschland an diesen Beispielen beobachten, wie Demokratien durch autokratische Bestrebungen beschädigt werden – und rechtzeitig gegensteuern? Im Netzwerk Max Planck Law sind alle rechtswissenschaftlich arbeitenden Max-Planck-Institute verknüpft; in Forschungsarbeiten stellen sie ihr Wissen zu gesellschaftlich relevanten Themen zur Verfügung, ermitteln Regelungslücken und erarbeiten Lösungsansätze wie etwa auf dem Jahressymposium. Was Demokratie ausmacht und wie sie

„Autokratien entstehen nicht über Nacht, aber vielfach durch Recht.“

FLORIAN KRIENER

sich schützen lässt, war 2023 und in diesem Jahr das Thema. Am Max-Planck-Institut für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht in Heidelberg arbeitet Florian Kriener als Wissenschaftlicher Referent, unter anderem mit dem Forschungsschwerpunkt Demokratieförderung. „Autokratien entstehen nicht über Nacht“, sagt er, „aber vielfach durch Recht.“

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

Die Justiz spielt eine zentrale Rolle bei der Umgestaltung von Demokratien in Autokratien. Sie ist oft der erste Ansatzpunkt von Autokraten. Eine funktionierende Justiz kann autokratische Bestrebungen bremsen, eine im autokratischen Sinn umgestaltete dagegen kann eine Autokratisierung beschleunigen.

In das deutsche Grundgesetz flossen Erfahrungen aus der Weimarer Republik und der NS-Zeit ein. Es enthält die Ewigkeitsklausel für die Menschenwürde, die demokratische Staatsform und die Rechtsstaatlichkeit. Es kennt verschiedene Instrumente, die die Demokratie vor ihren Feinden schützen sollen, etwa Parteiverbot und Grundrechtsverwirkung.

Mechanismen, die die Demokratie schützen, beschränken sie zugleich. Sie müssen daher zurückhaltend genutzt, mit Bedacht gestaltet und gut ausbalanciert werden.

Dass rechtspopulistische Parteien europaweit im Aufwind sind, zeigte nicht nur die Europawahl im Juni 2024. Auch hierzulande erfreuen sich nationalkonservative Parteien großen Zuspruchs. Bei den Landtagswahlen in Sachsen, Brandenburg und Thüringen im September könnte die AfD an die 30 Prozent der Stimmen erreichen und stärkste Kraft werden. Auch wenn sie nicht Teil einer Landesregierung würde, hätte die Partei damit erheblichen Einfluss – und das, obwohl die AfD-Landesverbände Sachsens, Sachsen-Anhalts und Thüringens vom jeweiligen Landesverfassungsschutz als gesichert rechtsextreme Bewegungen eingestuft wurden. In Brandenburg und vier weiteren Ländern gelten die Verbände als Verdachtsfall. Ein neues Gutachten des Bundesamts für Verfassungsschutz könnte bald die ganze Partei als gesichert rechtsextrem einstufen.

Wie schnell etablierte Demokratien demontiert werden können, zeigt das Beispiel Polens. „Innerhalb weniger Jahre wurde das Verfassungsgericht politisch instrumentalisiert und ist aufgrund politisierter Richter an den obersten Gerichten und eines politisierten Staatspräsidenten auch nach dem Regierungswechsel noch nicht vollends zu einer demokratischen Rechtsstaatlichkeit zurückgekehrt“, sagt Kriener. Auch Deutschland steht vor der Frage, ob es seine Demokratie besser schützen muss und, wenn ja, wie. Braucht es neue Gesetze? Im Fall des Bundesverfassungsgerichts sind die Überlegungen schon konkret. „Die Justiz ist in der Regel eine



der ersten Stellen, an denen Autokraten ansetzen, weil gerade die Verfassungsgerichte eine Autokratisierung verhindern können. Umgekehrt hat eine umgestaltete Justiz eine Beschleunigerwirkung für autokratische Bestrebungen“, sagt Kriener.

Vorschriften zum Bundesverfassungsgericht im Grundgesetz sind spärlich. Nur die Artikel 93 und 94 bestimmen Näheres zum „Hüter der Verfassung“. Alles Weitere regelt das Bundesverfassungsgerichtsgesetz, ein Gesetz, das mit einfacher Parlamentsmehrheit geändert werden kann. Eine Grundgesetzänderung braucht dagegen eine Zweidrittelmehrheit. „Es wäre zum Beispiel sinnvoll, die Tatsache, dass es zwei Senate gibt, verfassungsrechtlich abzusichern“, sagt Kriener. „Damit man nicht einen dritten Senat installieren kann, dem alle wichtigen Verfahren oder ein Überentscheidungsrecht zugewiesen werden.“ Vorschriften über die Ernennung und die Amtszeit von Richterinnen und Richtern, über die Organisation des Gerichts und zum Prozessrecht – das alles könnte ins Grundgesetz aufgenommen werden.

75 Jahre ist dieses Grundgesetz jetzt alt, im Mai hatte es „Geburtstag“. Es wurde geschrieben im Bewusstsein des Scheiterns der Weimarer Republik: Die Nationalsozialisten kamen nicht durch eine Revolution an die Macht. Sie brauchten noch nicht einmal eine absolute Mehrheit.

33,6 Prozent der Stimmen hatte die NSDAP bei der letzten Reichstagswahl im November 1932 erreicht, bevor Adolf Hitler am 30. Januar 1933 zum Reichskanzler ernannt wurde. Ein halbes Jahr später war Deutschland ein Einparteiensstaat. Die Nationalsozialisten machten sich die Mittel zunutze, die die Verfassung ihnen bot, besonders die starke Rolle des Reichspräsidenten, mit der Möglichkeit, Notverordnungen ohne Beteiligung des Parlaments zu erlassen.

Lehren aus Weimar

Nicht nur in Weimar: Die Demokratie trägt per se die Möglichkeit ihrer eigenen Abschaffung in sich. Auf die Gesetzgebung übertragen heißt dies: „Demokratie bedeutet: Der Volkssouverän kann prinzipiell unbeschränkt Gesetze setzen und wieder aufheben“, sagt Marietta Auer, Direktorin am Max-Planck-Institut für Rechtsgeschichte und Rechtstheorie in Frankfurt am Main. Eine Verfassung ist somit nicht nur Garant, sondern auch Beschränkung der Demokratie: „Das Grundgesetz beschneidet die Freiheit, die der Demokratie innewohnt“, sagt Auer. Die Lehren der Weimarer Republik führten zur sogenannten Ewigkeitsklausel im Grundgesetz. Artikel 79 Absatz 3 entzieht die Garantie der Menschenwürde, die Staatsform und den Kern der Rechtsstaatlichkeit einer Verfassungs-

→

27

FOTO: ARNE SÄTTLER FÜR MPG



Staats- und Verfassungsrecht: Florian Kriener forscht am Max-Planck-Institut für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht in Heidelberg und an der Humboldt-Universität in Berlin (Foto).

änderung. Auch die verfassungsändernde Gesetzgebung wird letztlich durch die Verfassung legitimiert. Dies entbehrt nicht einer gewissen Zirkelschlüssigkeit, garantiert aber zumindest eines: Die Verfassung kann nicht verfassungskonform abgeschafft werden.

Am Max-Planck-Institut zur Erforschung von Kriminalität, Sicherheit und Recht in Freiburg forscht Jakob Hohnerlein zu Grundrechten im Staats- und Verfassungsrecht und sagt: „Demokratie kann unterschiedlich verstanden werden, aber es gibt gewisse Grundstandards, die man nicht infrage stellen kann.“ Dazu zähle vor allem die Offenheit des politischen Prozesses. „Der Zugang zur Macht muss für alle Gruppen in fairen Wahlen möglich sein, und auch Minderheitenpositionen müssen sich in der politischen Diskussion Gehör verschaffen können. Zugleich müssen die einzelnen Menschen über einen gesicherten Rechtsstatus verfügen.“

Wehrhafte Demokratie

In guten Zeiten stabilisiert die Demokratie sich selbst durch ihre Institutionen und den öffentlichen Diskurs. „Die Demokratie hat eine sich selbst immunisierende Kraft“, sagt Ralf Poscher, Direktor am Freiburger Institut. Und für Zeiten, in denen diese Kraft nachlässt, bietet das Grundgesetz im Rahmen der „wehrhaften Demokratie“, für die es nach den Erfahrungen von Weimar geschaffen wurde, Schutzmechanismen. „All diese Mechanismen sind zweischneidig. Sie greifen alle in die demokratischen Prozesse ein“, sagt Poscher. Einer der Mechanismen, der gerade im Hinblick auf die AfD kontrovers diskutiert wird, ist das Parteiverbot. Vor diesem ist man bislang zurückgeschreckt, obwohl einige Stimmen im politischen Diskurs es eindringlich fordern. Schwierig daran: Das Parteiprogramm der AfD ist nicht offen verfassungsfeindlich. Aus ihm lässt sich nicht ablesen, dass die Partei danach strebt, die demokratischen Grundstandards abzuschaffen. Eine mögliche Verfassungsfeindlichkeit müsste daher vom Verfassungsschutz aus vielen Versatzstücken zusammengetragen werden. „Die juristische Frage ist dabei: Welche Äußerungen einzelner Politiker sind der Partei als Ganzes zurechenbar?“, sagt Jakob Hohnerlein.

Wegen des starken Grundrechtseingriffs wird das Instrument bislang zurückhaltend angewendet. Zwei Parteiverbote gab es in der Geschichte der Bundesrepublik, beide in den 1950er-Jahren. Zwei Verfahren wurden gegen die NPD geführt – das erste scheiterte, beim zweiten wurde zwar die Verfassungsfeindlichkeit festgestellt, wegen mangelnder Gefahr aber kein Verbot ausgesprochen. Dieses letzte Verfahren zog sich über vier Jahre. „Ein Parteiverbot kann keine kurzfristige Abhilfe schaffen“, sagt der Heidelberger Jurist Kriener. „Für die Landtagswahlen in diesem Jahr käme es voraussichtlich zu spät.“ Dasselbe gilt für die Bundestagswahl 2025.

Das Pendant zum Parteiverbot ist auf individueller Ebene die Grundrechtsverwirkung nach Artikel 18 des Grundgesetzes. Vier solche Anträge gab es in der Geschichte des Bundesverfassungsgerichts, alle vier erfolglos. Sie richteten sich jeweils gegen Deutsche, die nationalsozialistischem Gedankengut nahestanden. „Artikel 18 hat bislang sowohl in der Praxis als auch in der Wissenschaft vom öffentlichen Recht ein Schattendasein gefristet“, sagt Jakob Hohnerlein. Nun ist der Artikel erstmals seit langer Zeit wieder im Gespräch. 1,7 Millionen Menschen unterzeichneten bislang die Petition „Wehrhafte Demokratie: Höcke stoppen“. Die Anzahl der Unterschriften hat jedoch keine Relevanz: Der Antrag nach Artikel 18 kann nur vom Bundestag, von der Bundesregierung oder einer Landesregierung gestellt werden. Ein massiver Grundrechtseingriff, der gegenüber dem Parteiverbot einen Vorteil hätte: Das verfassungsfeindliche Wirken einer ein-

Grundlagenforscher: Was kennzeichnet Demokratien? Jakob Hohnerlein ergründet am Max-Planck-Institut zur Erforschung von Kriminalität, Sicherheit und Recht in Freiburg, welche Aufgaben Grundrechte in Verfassungen haben.



FOTO: MARKUS HERB FÜR MPG

„Vor Autokratie schützt ein gelebtes System von *checks and balances*. Scheren zu viele Akteure aus, wird das Recht machtlos.“

SVENJA BEHRENDT

zelen Person ist wesentlich leichter zu beurteilen als das einer ganzen Partei. Und mit Björn Höcke als Thüringer Partei- und Fraktionschef steht eine Person im Fokus, deren politische Relevanz – im Gegensatz zu der früherer Antragsgegner – unbestritten ist. Allerdings: In kurzer Zeit wäre die Entscheidung auch bei der Grundrechtsverwirkung nicht zu erwarten. Welche Maßnahmen zu ergreifen wären, um demokratische Institutionen auf Landesebene noch vor den Landtagswahlen im September zu schützen, dazu hat das juristische Portal *Verfassungsblog* im Rahmen seines *Thüringen-Projekts* im April 2024 sieben konkrete Handlungsvorschläge gemacht. Sie betreffen unter anderem den Schutz des öffentlich-rechtlichen Rundfunks, des Verfassungsgerichtshofs des Landes und die Besetzung bestimmter Ämter. Das Team um Chefredakteur Maximilian Steinbeis identifiziert in der Thüringer Verfassung „Einfallstore“ für autoritär-populistische Parteien. „Es wäre fahrlässig, diese Einfallstore nicht zu schließen“, heißt es im Blog.

Clever abwägen

Dort heißt es auch: „Nicht jede autoritär-populistische Strategie lässt sich mit Verfassungs- und Gesetzesänderungen entschärfen.“ Ein Blick zurück zur möglichen verfassungsrechtlichen Absicherung des Bundesverfassungsgerichts zeigt: Die Aufgabe ist keineswegs trivial. In manchen Fällen mag eine einfache Mehrheit eine zu geringe Hürde für eine Entscheidung von großer Tragweite darstellen. Auf der anderen Seite bedeutet das Erfordernis einer Zweidrittelmehrheit auch, dass die Sperrminorität schneller erreicht ist. Eine höhere Hürde kann also einer 30-Prozent-Partei ein destruktives Wirken per Blockade auch erleichtern. Auch die Frage, wie im Falle eines demokratiefeindlich besetzten Bundestags die Ernennung der Richterinnen und Richter erfolgen soll, ist wichtig: Sollen es die anderen Bundesgerichte entscheiden? Soll der Bundesrat einspringen? Vieles ist offen. „Man muss da sehr aufpassen und Vorschriften gut ausbalancieren“, sagt Florian Kriener.

Denn Gesetze bergen auch die Gefahr der Überregulierung. Kriener hat sich im Rahmen seiner Forschung kritisch mit dem „Defense of Democracy Package“ befasst, das die EU-Kommission als Reaktion auf den Korruptionsskandal im Parlament – „Qatargate“ – eingebracht hatte. „Transparenzmechanismen können auch zur Kontrolle von NGOs missbraucht werden“, ist Krieners Fazit. Transparenz kann auch im Widerspruch zur Freiheit der Zivilgesellschaft stehen. Kriener nennt ein Beispiel: Wenn jede Spende an eine Organisation genehmigt werden muss, wird damit die Organisation auch überwacht und die Vereinsfreiheit beeinträchtigt. „Gesetzesverschärfungen sind da oft ein zweischneidiges Schwert.“

Gesellschaft zählt

Auch bei der Absicherung der „Hüter der Verfassung“ im Grundgesetz mahnen selbst Befürworter zur Vorsicht. „Hektik und Überkonstitutionalisierung schaden nur“, schreibt der ehemalige Verfassungsrichter Ferdinand Kirchhof in einem Beitrag für das Portal *Legal Tribune Online*. Er will die „offene Flanke“ des Bundesverfassungsgerichts schließen, aber: „Es wäre fatal, das Grundgesetz, das als dauerhafter Rahmen für Demokratie und Rechtsstaat dient, aus tagespolitischen Befürchtungen zu verändern oder es mit rechtlichen Details zu überfrachten.“ Bei aller gebotenen Vorsicht und gebotenen Handlungsbedarf: Man sollte wohl nicht allein auf – neue – Gesetze bauen. Es wirken viele Kräfte zusammen. Politische Entscheidungen gehören dazu – auch solche, die die schon bestehenden Instrumente der wehrhaften Demokratie ausschöpfen: eine starke Zivilgesellschaft und Wahlentscheidungen.

„Kein Recht der Welt kann davor schützen, dass Menschen sich rechtswidrig verhalten – und kein Gesetz der Welt kann aus sich heraus gewährleisten, dass es nur in einer bestimmten Art und Weise interpretiert wird“, sagt Svenja Behrendt. Sie erforscht als Juniorprofessorin am Freiburger Max-Planck-Institut zur Erforschung von Kriminalität, Sicherheit und Recht, was Demokratien von innen stabilisiert und welche Rolle die Menschenrechte dabei spielen. „Man braucht ein gelebtes System von Gewaltenteilung und *checks and balances*. Letztlich ist die Demokratie darauf angewiesen, dass eine Vielzahl von Akteuren Entscheidungen trifft, die einer auf Solidarität und gleicher Freiheit beruhenden Gesellschaft zuträglich sind – bei ‚systemrelevanten‘ Entscheidungsträgern ist dies geradezu elementar. Das System gerät in Gefahr, wenn zu viele Akteure ausscheren, denn das kann man nicht mehr mit rechtlichen Regelungen eindämmen.“ Dieses System ist komplex – Gesetze sind ein Element davon. Die weiteren Elemente ergründet das juristisch-sozialwissenschaftliche Netzwerk im Oktober auf seiner nächsten Jahrestagung. Das Thema des Symposiums: Macht.

www.mpg.de/podcasts/recht_schafft_freiheit



Schrumpfende Klimanische: In fünfzig Jahren werden weite Teile der Welt zu heiß zum Leben sein, wenn die Erwärmung ungebremst fortschreitet.

VOM KLIMA VERTRIEBEN

TEXT: CHRISTIAN JAKOB

FOTO: ADOBESTOCK/SAWITREELYAON

31

Mehr als 116 Millionen Menschen waren 2023 laut UNHCR weltweit auf der Flucht – vor Gewalt, Krieg, zunehmend aber auch infolge von Klimaextremen, ansteigendem Meeresspiegel und Verteilungskämpfen, die etwa durch Wassermangel entstehen. Doch Klimafolgen kannten die Schöpfer der Genfer Flüchtlingskonvention von 1951 noch nicht als einen Grund, die Heimat zu verlassen. Das Völkerrecht und die Migrationsforschung zeigen auf, wie mit Migration als Folge des Klimawandels umgegangen werden könnte.

Kausea Natano selbst bekam eine Muschelkette über das Hawaiihemd gehängt, Australiens Premierminister Anthony Albanese hatte ihm aber noch etwas viel Wertvolleres mitgebracht. Im November 2023 besuchte Albanese den Präsidenten des pazifischen Inselstaats Tuvalu. Und in einem tropischen Garten, beschattet von Palmen, unterzeichneten die beiden einen Vertrag, welcher den 11 000 Einwohnerinnen und Einwohnern von Tuvalu das Recht gibt, nach Australien umzusiedeln, wenn der Klimawandel die Inseln unbewohnbar macht. Sie „verdienen die Möglichkeit, anderswo zu leben, zu studieren und zu arbeiten, wenn sich die Auswirkungen des Klimawandels verschärfen“, sagte Albanese.

Die australische Offerte – die auf Bitten Tuvalus zustande kam – folgte nicht aus Rechtsansprüchen der Tuvaluer oder weil sie es sich „verdient“ hätten. Australien machte ihnen das Zugeständnis, weil es das so wollte. Was aber ist mit den Millionen „klimawandelinduziert Vertriebenen“ – so der etwas umständliche Fachbegriff – der Zukunft?

32

„Der Klimawandel könnte Hauptfluchtgrund werden“, sagte António Guterres, damals als Hoher Flüchtlingskommissar der UN, bereits 2009 auf dem Weltklimagipfel in Kopenhagen. Den UN zufolge vertrieben Fluten, Stürme, Dürren und Feuer im Jahr 2019 rund 22 Millionen Menschen und 2023 sogar 32 Millionen. Vergangenes Jahr zeigte die Studie eines Teams um Timothy Lenton von der Universität Exeter die Folgen des Schrumpfens der sogenannten Temperaturnische – also der Regionen, deren Jahresdurchschnittstemperaturen menschliche Besiedlung erlauben. Das ist von etwa minus 5 bis 35 Grad möglich, optimal sind 11 bis 15 Grad. Gebiete außerhalb der Nische gelten – vor allem bei einer Kombination aus hohen Temperaturen und hoher Luftfeuchtigkeit – als teils lebensgefährlich. Bei einer Erderwärmung von 2,7 Grad würden zum Ende des Jahrhunderts Regionen außerhalb der Nische liegen, in denen heute etwa ein Drittel der Menschheit lebt. Das betraf unter anderem Menschen in Indien, Nigeria, Indonesien, Pakistan und auf den Philippinen sowie große Gebiete etwa von Burkina Faso, Mali oder Katar.

Allerdings lässt sich Klimaflucht von anderen Flucht- und Migrationsdynamiken kaum abgrenzen. „Vertreibung und Flucht haben viele Gründe, es gibt nicht den einen, singulären Faktor“, sagt Steven Vertovec, Sozialanthropologe und Gründungsdirektor des Max-Planck-Instituts zur Erforschung multireligiöser und multiethnischer Gesellschaften in Göttingen: „Grund

A, Folge B – das ist ein viel zu simples, lineares Denken.“ Es sei schwierig, harte Kriterien aufzustellen, wie es sie etwa für politische Flüchtlinge gebe. Beim Klimawandel mischen sich die direkten Klimafolgen mit Phänomenen wie Nahrungsunsicherheit oder Gewalt. Schon die Benennung sei nicht leicht. „Überlebensmigration“ laute ein Vorschlag. „Auch da kommt es aber auf die Abstufungen an – Mobilitätsformen, bei denen das Leben nicht akut bedroht ist, würden nicht erfasst.“ Auch der viel verwendete Begriff „Vertreibung“ überzeugt Vertovec nicht: „Die Autonomie der Menschen bei ihren eigenen Handlungen und Entscheidungen in Bezug auf die Migration wird dabei oft übersehen.“

Entsprechend skeptisch ist Vertovec auch bei den teils enorm auseinanderklaffenden Prognosen. „Die sind oft Nonsense“, sagt er. „Manche behaupten, es werde mehr als eine Milliarde Klimamigranten geben, andere nehmen einfach die ganze Sahelregion und sagen, das seien mögliche Klimaflüchtende. Dabei kommen verrückte Zahlen heraus.“ Internationale Organisationen seien gefordert, sich auf der Grundlage von Prognosen vorzubereiten. Doch viele dieser Prognosen würden „weniger zur Vorbereitung als zur Abschreckung benutzt“.

Klar ist, der Klimawandel wird zunehmend ein Faktor, der Menschen zwingen wird, ihre Heimat zu verlassen. Für viele wird er vielleicht sogar zum Hauptgrund für die Migration. Sie brauchen eine Perspektive: Können sie nur darauf hoffen, dass irgend-

wer sie schon freiwillig nimmt – wie die Tuvaluer? Oder bestehen harte Rechtsansprüche?

Ein Recht auf Schutz und Aufnahme ergibt sich aus der UN-Flüchtlingskonvention von 1951 (GFK). Diese kennt fünf Fluchtgründe: begründete Furcht vor Verfolgung wegen Rasse, Religion, Nationalität, Zugehörigkeit zu einer bestimmten sozialen Gruppe oder we-

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

Migration eindeutig auf den Klimawandel zurückzuführen, ist schwierig – mehrere Faktoren beeinflussen die Mobilität. Aus diesem Grund ist auch kaum zu prognostizieren, wie viele Menschen künftig vor allem aufgrund des Klimawandels ihre Heimat verlassen werden. Klar ist allerdings, dass ihre Zahl steigen wird.

Das bisherige internationale Flüchtlingsrecht kennt keinen Schutzanspruch für Opfer des Klimawandels. Einen solchen neu zu verankern, ist schwierig. Ob der im Völker-, EU- und im nationalen Recht verankerte Grundsatz der Nichtzurückweisung (Non-Refoulement) auch für Klimamigrantinnen und -migranten greift, ist vorstellbar, bisher allerdings nicht ausreichend gerichtlich geklärt.

Rechtsansprüche für Opfer des Klimawandels gegenüber dessen Hauptverursachern können eventuell aus dem bestehenden Recht abgeleitet werden. Die Möglichkeiten der Rechtsdurchsetzung sind aber schwach.

Notwendig sind verbindliche Verpflichtungen für die Hilfe bei der Anpassung an den Klimawandel – vor allem in den Metropolen des Globalen Südens, die absehbar die Hauptziele der Klimamigration sein werden.



gen politischer Überzeugung. Klimaflüchtende fallen also nicht darunter. Die Juristin Laura Kraft forscht am Max-Planck-Institut für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht in Heidelberg. Sie sagt, es wäre angesichts des gegenwärtigen politischen Klimas riskant, die GFK um den Fluchtgrund „klimawandelinduzierte Vertreibung“ zu ergänzen. „Man würde die Büchse der Pandora öffnen, weil wieder neu über schon bestehende Schutzstandards verhandelt werden könnte.“

„Die Menschenrechte sind ein Baustein von Klimagerechtigkeit.“

ANNE PETERS

Weniger riskant wäre die Festschreibung eines Schutzanspruchs für Klimamigranten und -migrantinnen per Zusatzprotokoll. „Den bestehenden vertraglichen Schutz einschränken kann ein Zusatzprotokoll nicht“, sagt Kraft. Bindend aber wäre es nur für die Unterzeichnerstaaten, und nur wenige Regierungen würden derzeit wohl eine solche Selbstverpflichtung eingehen.

Begründet aber möglicherweise bereits existierendes Recht einen Schutzanspruch für Klimaflüchtende? Der Erste, der diese Frage ernsthaft zu klären versuchte, ist Ioane

Teitiota, ein Bürger des Inselstaates Kiribati. Er zog 2007 nach Neuseeland und arbeitete dort als Kohlpflücker. Als 2010 sein Arbeitsvisum auslief, beantragte er Asyl, da Kiribati überflutet zu werden drohe. Er berief sich auf die GFK und auf das sogenannte Non-Refoulement-Gebot. Dieses verbietet Zurückweisungen, wenn etwa das im sogenannten UN-Zivilpakt garantierte Recht auf Leben gefährdet ist. 196 Staaten, darunter Neuseeland, haben den Pakt unterzeichnet. Doch Neuseeland lehnte Teitiotas Antrag ab: Keine der beiden Normen sei anwendbar, sein Leben nicht unmittelbar gefährdet.

Teitiota wurde samt Familie 2015 nach Kiribati abgeschoben und zog vor den UN-Menschenrechtsausschuss. Der wies die Beschwerde 2020 zurück, weil Teitiotas Leben in Kiribati zum Zeitpunkt der Abschiebung nicht bedroht gewesen sei. Der Ausschuss stellte aber erstmals fest, dass Abschiebungen dann gegen den Zivilpakt verstoßen können, wenn die Betroffenen vom Klimawandel verursachten Bedingungen ausgesetzt sind, die ihr Recht auf Leben gefährden. Für den UN-Ausschuss ein „historischer Fall“, der Asylanträge zum Klimawandel ermögliche – so bewertete das Gremium seine eigene Entscheidung im Januar 2020. Die Zahl der „klimawandelinduziert Vertriebenen“ wird in Zukunft jedoch solche Ausmaße annehmen, dass mögliche Aufnahmestaaten dieser Auslegung des Zivilpakts kaum dauerhaft folgen dürften.

Das menschenrechtliche Non-Refoulement-Gebot ergibt sich außerdem auch aus der Europäischen Menschenrechtskonvention (EMRK). „Eine Abschiebung in Gebiete, die von klimawandelbedingten Dürren, Hitze-

→

Versinkende Inseln: In hundert Jahren wird der Pazifik Inselstaaten wie Tuvalu komplett überfluten, warnen Klimaforscher – die Staaten kämpfen um ihre Existenz.



FOTO: PICTURE ALLIANCE / GLOBAL WARMING IMAGES | ASHLEY COOPER

→

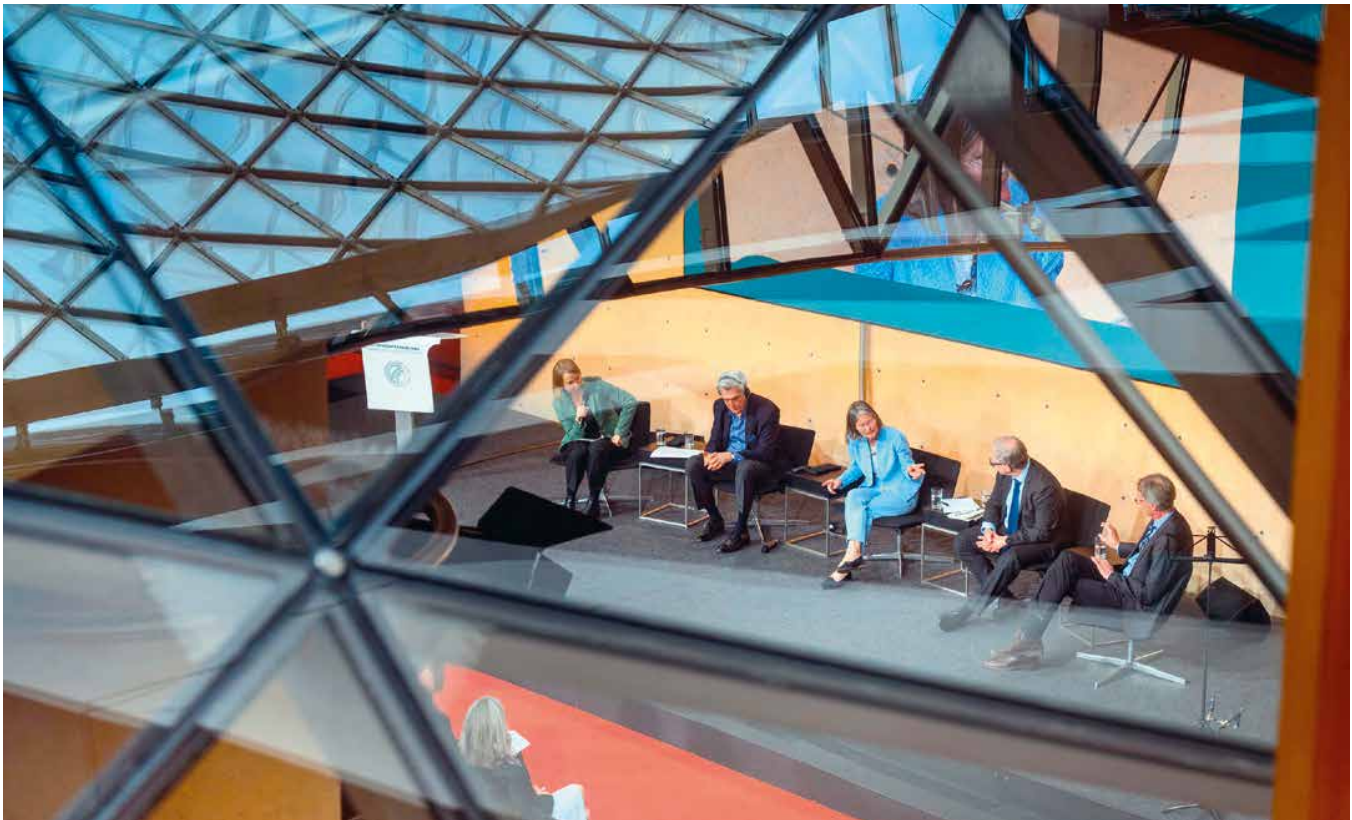


FOTO: DAVID AUSSERHOFER / MPG

Panel der Max-Planck-Gesellschaft in Berlin: Filippo Grandi, Hoher Flüchtlingskommissar der UN (2.v.l.) und Marcus Hicken vom Auswärtigen Amt (2.v.r.) diskutieren mit Max-Planck-Direktoren Anne Peters und Axel Ockenfels rechtliche und wirtschaftliche Aspekte von Klimaflucht. Moderation: Helene Bubrowski.

34

wellen oder Flutkatastrophen betroffen sind, könnte als unmenschliche oder erniedrigende Behandlung anzusehen sein und damit einen Schutzanspruch aus EU-Recht oder nationalem Recht in Verbindung mit Artikel 3 EMRK begründen“, sagt Laura Kraft.

Doch weder der für die Europäische Menschenrechtskonvention zuständige Europäische Gerichtshof für Menschenrechte (EGMR) noch der für das EU-Recht zuständige Europäische Gerichtshof (EuGH) haben bisher Entscheidungen zu dieser Frage getroffen. In manchen Abschiebefällen hat der EuGH entschieden, dass eine allgemein schlechte humanitäre Situation für einen Schutzanspruch nicht ausreicht. Nach europäischem Sekundärrecht muss ein Akteur die „unmenschliche oder erniedrigende Behandlung“ aktiv oder zumindest schuldhaft herbeiführen – also etwa, wenn eine Miliz Krankenhäuser zerstört und damit den Gesundheitsschutz verunmöglicht.

Die Juristin Kraft hält es für wahrscheinlich, dass der EuGH auch bei der Klage eines Klimamigranten an diesem Akteurserfordernis festhält. Zu klären bleibt dann auch, ob etwa Industriestaaten, die besonders viele Treibhausgase emittiert haben, als solche Akteure

verstanden werden – und deshalb zur Aufnahme von Migrantinnen und Migranten verpflichtet werden könnten. Für den EGMR ist im Rahmen von Artikel 3 der Europäischen Menschenrechtskonvention ein Akteur nicht unbedingt erforderlich – und auch nicht für die deutschen Verwaltungsgerichte, wenn sie sich bei Abschiebefällen auf die Rechtsprechung des Menschenrechtsgerichtshofs beziehen. In solchen Fällen bewerten sie allein die allgemeine humanitäre Lage in einem Herkunftsland, etwa auf Grundlage von Länderberichten des Auswärtigen Amtes. Entscheidend sei aber, so Laura Kraft, dass die individuelle Situation eines Abgeschobenen so schlimm wäre, dass sie als „unmenschlich“ zu gelten hätte.

Reichen dazu bestimmte klimatisch-ökologische Bedingungen? Und ab welcher Schwelle genau? Wie stark etwa müssten Ernteerträge durch die Erderhitzung zurückgehen, damit ein Mensch nicht bloß als armer Bauer und Wirtschaftsmigrant gilt, der eine ohnehin karge Gegend auf der Suche nach einem besseren Einkommen verlässt? Welche individuellen Faktoren müssen hinzukommen, um eine besondere Verletzlichkeit und Schutzbedürftigkeit, die sogenannte Vulnerabilität, zu begründen? „Antworten auf diese Fragen wer-

den Gerichte in konkreten Einzelfällen geben, durch die Auslegung des Rechts und seine Anwendung in individuellen Lebenssachverhalten“, sagt Kraft. Das aus den Menschenrechten abgeleitete Non-Refoulement-Gebot schützt jedoch nur vor einer Abschiebung. Es begründet kein Recht auf Einreise. Ohne ein Visum aber ist die Einreise für Menschen aus dem Globalen Süden nur irregulär möglich – und so oft teuer und sehr gefährlich.

Ein Vorstoß zur Etablierung eines erweiterten Flüchtlingsbegriffs ist die 1969 von der Organisation für Afrikanische Einheit (OAU) verabschiedete afrikanische Flüchtlingskonvention. Sie sieht auch Menschen als schutzberechtigt an, in deren Ländern ein Ereignis die „öffentliche Ordnung ernsthaft stört“. 2011 haben Kenia und Äthiopien auf dieser Grundlage Menschen aus Somalia aufgenommen, wo Trockenheit, Hunger, Unsicherheit und ein bewaffneter Konflikt herrschten. Andere afrikanische Staaten dagegen haben es in der Vergangenheit abgelehnt, Umweltereignisse als „ernsthafte Störung der öffentlichen Ordnung“ im Sinne der Konvention zu werten. Das UN-Flüchtlingshilfswerk UNHCR kann qua Mandat die Flüchtlingseigenschaft einer Person offiziell feststellen. Das Mandat sieht dafür auch eine über die Genfer Flüchtlingskonvention hinausgehende Definition vor, die jener der OAU ähnelt – also auch greifen könnte, wenn etwa anhaltende Missernten die öffentliche Ordnung erheblich störten. Allerdings: Wer vom UNHCR anerkannt wird, darf zwar in dessen Flüchtlingslagern leben, hat aber keine Aufnahmeansprüche gegenüber einem Drittstaat.

Die Völkerrechtlerin Anne Peters, Direktorin am Max-Planck-Institut für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht, hält neue völkerrechtliche Normen als Antwort auf die Klimamobilität nicht für nötig. „Es gibt schon juristische Ansatzpunkte, um die Situation fair zu regeln“, sagt sie. Insbesondere die internationalen Menschenrechte können herangezogen werden, sagt Peters. Deren relativ gute Durchsetzbarkeit sei auch einer der Gründe dafür, dass viele der Klimaklagen sich auf Menschenrechte berufen, auch um staatliche Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasemissionen einzufordern. „Aber Menschenrechte gelten immer für den Einzelnen“, sagt Peters.

Anhaltspunkte zur Klärung von Bleiberechten bietet auch der 2018 verabschiedete UN-Migrationspakt. Er enthält einen Abschnitt zu „Naturkatastrophen und nachteiligen Auswirkungen des Klimawandels“. Darin versprechen die Unterzeichnerstaaten Unterstützung für Maßnahmen der Anpassung und Resilienz in Staaten, die nachteilig vom Klimawandel betroffen sind, sichern den Zugang zu humanitärer Hilfe zu und kündigen Zusammenarbeit bei der Gestaltung von Umsiedlungsmaßnahmen und der Visapolitik an. „Dieser Abschnitt ist ein wichtiger Bezugspunkt in der Diskussion um klimabedingte Mobilität“, so Peters – der Migrationspakt ist

allerdings kein formeller Völkerrechtsvertrag, sondern *soft law*. Internationale Vereinbarungen wie der Migrationspakt oder auch das Pariser Klimaabkommen sind auch deshalb schwer durchzusetzen, weil internationale Organisationen auf Akzeptanz und Finanzierung der Mitgliedstaaten angewiesen sind. „Und diese Akzeptanz wollen die Organisationen und internationale Gerichte oft nicht aufs Spiel setzen“, sagt Peters. Werde das internationale Recht zu ambitioniert, gebe es oft keinen ausreichenden Willen zur Kooperation.

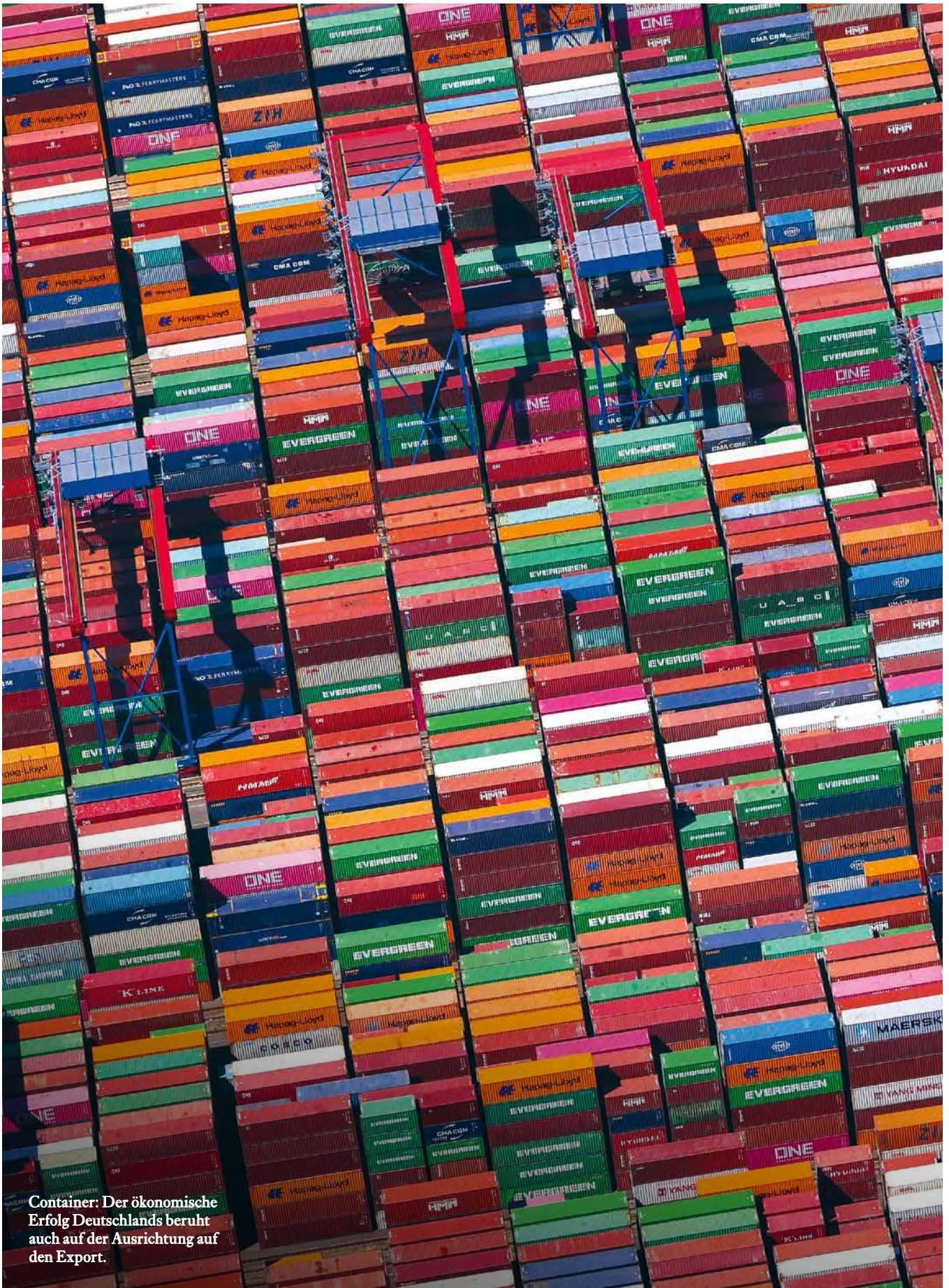
So bleiben derzeit Formen freiwilliger Zusammenarbeit wie die Platform on Disaster Displacement, ein 2012 gegründeter Zusammenschluss von 15 Staaten, um Klimamigranten zu helfen. Der vom Bundestag eingerichtete und vom Bundesinnenministerium finanzierte Sachverständigenrat für Integration und Migration verwies in seinem Jahresgutachten 2023 darauf, dass die „unmittelbar notwendigen“ Reaktionen auf die zunehmende Klimaflucht „am ehesten von nationalen Regierungen zu erwarten“ seien. Das Gremium regte daher drei neue Instrumente an, etwa einen „Klima-Pass“ als humanitäres Daueraufenthaltsrecht für extrem Betroffene oder eine zeitlich beschränkte „Klima-Card“ für weniger Bedrohte. Das „Klima-Arbeitsvisum“ schließlich soll Menschen aus weniger betroffenen Ländern den Zugang zum deutschen Arbeitsmarkt erleichtern.

Das Recht, zu bleiben

Die Psychologin Birgit Leyendecker von der Universität Bochum ist Stellvertretende Vorsitzende des Sachverständigenrats. Sie glaubt, dass neben Instrumenten zur Aufnahme von Klimaflüchtenden deren „Recht, zu bleiben“ in den Herkunftsregionen unterstützt werden müsse. „Das wird emotional unterschätzt“, sagt sie. Schon für die Menschen im Ahrtal sei es sehr schwierig gewesen, zu erfahren, dass sie ihr Haus nicht an derselben Stelle wieder aufbauen können. „Die Heimatverwurzelung ist oftmals sehr stark“, so Leyendecker. „Das ‚Recht, zu gehen‘ kann daher nur die Ultima Ratio sein.“ Für Leyendecker folgt daraus, dass die Industriestaaten mehr in Adaptionsmechanismen in den besonders vom Klimawandel betroffenen Regionen investieren müssen.

Das sieht auch Steven Vertovec so. „Es ist klar, dass viele Menschen zuerst in die Randzonen der großen Städte ihrer eigenen Regionen gehen werden.“ Diese müssten sich auf die wachsenden Anforderungen vorbereiten können. „Das Ganze ist vor allem ein Planungsproblem: Wie bekommen Menschen in den Randzonen der Metropolen Zugang zu Wasser und sanitären Einrichtungen, wie kann die Nahrungsversorgung sichergestellt werden?“ Den internationalen Schutz auf diesen Ausbau der Infrastruktur zu erweitern – das hält Vertovec für eine der wichtigsten Aufgaben.

🔗 www.mpg.de/podcasts/recht_schafft_freiheit



Container: Der ökonomische Erfolg Deutschlands beruht auch auf der Ausrichtung auf den Export.

FOTO: PICTURE ALLIANCE/DPA | CHRISTIAN GHARISUS

VORTEIL DEUTSCHLAND

*TEXT:
SABINE FISCHER*

Beziehungsstatus: Es ist kompliziert. Die Europäische Union ist für viele Menschen identitätsstiftend und überbordend bürokratisch zugleich. Den Mitgliedstaaten beschert sie indes wirtschaftliche Freiheiten, die ein Land besonders für sich nutzen konnte: Deutschland. Martin Höpner und Lucio Baccaro vom Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung ergründen, wieso Deutschland so profitieren konnte und warum doch eine Kurskorrektur angezeigt ist.

„Passt gut auf die Demokratie auf, wenn ich nicht mehr da bin.“ Eine Frau in bunter Bluse liest diesen Satz mit ruhiger Stimme aus einem Brief vor, den sie für ihren Enkel geschrieben hat. In einem hellen Raum sitzt sie neben anderen älteren Menschen, die erlebt haben, wie die Demokratie in Europa ihr Leben veränderte – zum Beispiel in Frankreich, Tschechien oder Lettland. Sie alle erzählen von den Momenten, in denen es für sie einen Unterschied machte, Teil der Europäischen Union zu sein – und verbinden damit einen emotionalen Aufruf an die nachfolgende Generation: Schützt die Demokratie, schützt die EU.

Dieses eindringliche Video war Teil einer Social-Media-Kampagne des Europäischen Parlaments vor den zweitgrößten Wahlen der Welt. Mehr als 180 Millionen Menschen stimmten ab, wer die nächsten fünf Jahre ihre Interessen im Europäischen Parlament mit Sitz im französischen Straßburg vertreten sollte – mit EU-weit 51,08 Prozent die höchste Wahlbeteiligung seit 1999. Auch Deutschland kam auf die höchste Wahlbeteiligung seit 1984: 64,78 Prozent – deutlich mehr als 2019. Selten gab es so viel Aufmerksamkeit für EU-Themen wie vor der diesjährigen Wahl. Auffällig ist auch: Trotz Krieg und Krisen blicken die meisten Menschen in Europa optimistisch auf diesen einmaligen Staatenverbund aus 27 Ländern.

- 38 Das *Eurobarometer* vom April 2024 im Auftrag der Europäischen Kommission zeigt: Gerade in Zeiten globaler Unsicherheit ist die EU für viele Menschen ein Ankerpunkt. Mehr als zwei Drittel aller EU-Bürgerinnen und -bürger sind sich einig, dass die Union ein Ort der Stabilität in einer schwierigen Welt ist. In Deutschland stieg das Vertrauen in die Europäische Union im vergangenen Jahr sogar um fünf Prozentpunkte. Besonders die Möglichkeit, frei reisen, arbeiten und studieren zu können, die einheitliche Währung und der anhaltende Frieden werden als größte Vorteile wahrgenommen. Gleichzeitig haftet der EU das Prädikat „besonders bürokratisch“ an. Kein Wunder – die vergangene EU-Kommission kann sich rühmen, besonders viele Vorschriften geschaffen zu haben. Darunter ächzen laut Steffen Kampeter vom Arbeitgeberverband BDA vor allem die Unternehmen, die durch zusätzliche Berichtspflichten belastet würden, wie er der *Frankfurter Allgemeinen Sonntagszeitung* sagte. Dass die EU undemokratisch sei, finden laut *Eurobarometer 2023* rund die Hälfte aller Befragten.

Martin Höpner, der am Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung die Forschungsgruppe „Politische Ökonomie und europäische Integration“ leitet, kann dieses Gefühl nachvollziehen. „Wenn Bürgerinnen und Bürger glauben, es mache keinen großen Unterschied, ob sie zur EU-Parlamentswahl gehen oder nicht, haben sie erst mal nicht ganz unrecht“, sagt er. Der Grund: Die eigentliche „Regierung“ der EU, die Europäische Kommission, geht nicht aus dem Parla-

ment hervor und ist damit nicht wählbar. Zudem könne das Parlament auch keine Gesetzesinitiativen einbringen – eine Grundfunktion des Parlaments in einer Demokratie. Viele Menschen haben das Gefühl, nicht beeinflussen zu können, wie die Dinge in Europa laufen.

Trotz dieser gefühlten Machtlosigkeit sei das Demokratiedefizit der EU in Wahrheit aber nicht so weitreichend, wie es oftmals wahrgenommen werde, so Höpner weiter: „Es ist unfair, die EU nach den Kriterien einer parlamentarischen Demokratie zu bewerten. Sie ist die oberste Ebene eines Mehrebenensystems, das ganz anders funktioniert. Eine Volldemokratisierung der EU ist in naher Zukunft gar nicht möglich – und auch nicht wünschenswert.“ Der Grund dafür liege in der Funktionsweise des Systems: Die EU wird von Staaten legitimiert, die von ihren Bürgerinnen und Bürgern auf demokratischem Weg mit Kompetenzen ausgestattet werden. Solange diese Legitimationsketten funktionierten, entlaste das die EU davon, ihre Institutionen demokratischer zu gestalten, so Höpner.

„Die Europäische Union sollte nur tätig werden, wo es wirklich ein transnationales Problem gibt.“

MARTIN HÖPNER

Um demokratischer und transparenter zu werden und so für mehr Rückhalt in der Bevölkerung zu sorgen, müsse man an anderen Stellschrauben drehen. Immer wieder klagen Skeptikerinnen und Skeptiker zum Beispiel über die zunehmende „Regelungswut“. Mit einer steigenden Anzahl von Richtlinien und Verordnungen enge die EU ihre Mitglieder mehr und mehr ein. Während die Europäische Kommission eigentlich als Hüterin der Verträge für Wohlstand und Zuverlässigkeit sorgen soll, schießt sie nach Meinung vieler Kritikerinnen und Kritiker mit ihren Reformideen weit übers Ziel hinaus. An dieser Stelle sieht auch Höpner Handlungsbedarf. Grundsätzlich schaffe die EU zwar wirtschaftliche Freiheit für ihre Mitgliedstaaten, doch häufig habe das einen Preis. „Die EU ist gut darin, individuelle Freiheiten durchzusetzen. Konsumentinnen und Konsumenten können zum Beispiel Produkte frei wählen, Produzierende können ihre Waren frei über Grenzen hinweg verkaufen. Aber die Staaten ver-

lieren auch an Handlungsspielraum – und das geht auf Kosten der kollektiven Freiheit“, sagt Martin Höpner. Bestimmte Projekte, zum Beispiel der Tierschutz, hätten es durch diesen eingegrenzten Spielraum schwer. Gerade wo es um die innere Entwicklung der Mitgliedsstaaten gehe, etwa im Familien- oder Sozialrecht, sollte sich die Union laut Höpner stärker zurückhalten. Die

und gezählt werden müssen. Da aber weit und breit keine transnationale Problemstellung erkennbar ist, ist sehr schwer zu verstehen, warum dies auf EU-Ebene passieren muss“, so Höpner.

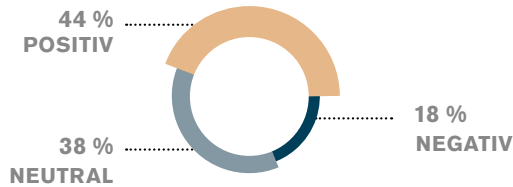
Sich zurückzuziehen sei für die Union allerdings gar nicht so einfach, findet er weiter. Denn damit die EU einzelne Tätigkeitsfelder abgeben kann, brauche es Vertragsänderungen. Mit 27 Mitgliedstaaten sind diese aber nicht nur schwer zu verhandeln – in manchen Ländern müssen solche Änderungen außerdem noch eine Volksabstimmung überstehen. „Solche Referenden sind nicht mehr so einfach zu gewinnen. In der Vergangenheit waren sie oft ein Ventil dafür, die Unzufriedenheit mit der EU zum Ausdruck zu bringen“, sagt Höpner. Dadurch entstehe eine Sackgasse: Viele Bürgerinnen und Bürger wünschten sich eine transparentere, effektivere EU, die Freiheiten schaffe und weniger bürokratisch aufgeblasen sei, aber der Versuch werde schnell boykottiert: „Volksabstimmungen werden selten differenziert betrachtet – sie sind eher ein pauschales Mittel, um seinen Unmut deutlich zu machen und gegen die Vorschläge der EU zu stimmen.“ Hier sieht Höpner einen klaren Auftrag an die europäischen Organe: Die EU müsse transparent machen, dass sie sich aus nicht transnationalen Tätigkeitsfeldern zurückziehen wolle. Dann könnte der Umschwung gelingen hin zu einem schlankeren System, das als demokratischer wahrgenommen werde.

Deutschland als Super-Profiteur

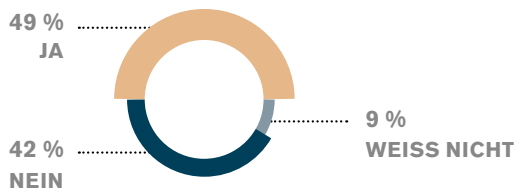
Schlank oder nicht: Die Regelungen des europäischen Binnenmarkts schaffen den Mitgliedstaaten vor allem ökonomische Freiheiten. Besonders für Deutschland habe die Integration in den europäischen Binnenmarkt bislang deutliche Vorteile mit sich gebracht, wie Forschende, unter anderem um Lucio Baccaro, Direktor am Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung, festgestellt haben. Die europäische Integration sei aus ökonomischer Sicht ein wichtiger Baustein der eigenen Identität, sagt Baccaro. Gemeinsam mit Martin Höpner hat er sich in dem Forschungsbeitrag *Das deutsche Wachstumsmodell, 1991 bis 2019* intensiv mit der ökonomischen Entwicklung des Landes auseinandergesetzt. Eine seiner Erkenntnisse: Wenn es um das Wirtschaftswachstum geht, dann ist die Rolle der Europäischen Union entscheidend. „Nach dem Zweiten Weltkrieg hatte Deutschland eine große Identitätskrise“, sagt Baccaro. „Es ging als besiehtes, tief erschüttertes Land aus dem Krieg hervor. Danach war es wichtig für den deutschen Staat, sich nicht mehr als Militärmacht, sondern als Handelsnation neu begreifen und erfinden zu können. Die Zugehörigkeit zu Europa ist dabei, ökonomisch gesehen, zum Kern der deutschen Identität geworden.“



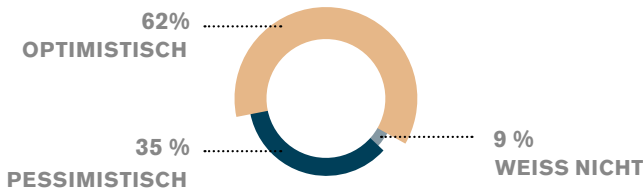
WELCHES BILD HABEN SIE VON DER EU?



HABEN SIE VERTRAUEN IN DIE EU?



WIE BEURTEILEN SIE DIE ZUKUNFT DER EU?



Meinungsbild: Das Vertrauen in die EU ist in Deutschland im April 2024 hoch – und im Vergleich zum Herbst sogar noch gestiegen. (Das *Eurobarometer* wird halbjährlich erstellt. Teilnehmende: 26 400 Bürgerinnen und Bürger EU-weit, in Deutschland 1559.)
 Quelle: *Standard Eurobarometer 101.3, Zahlen für Deutschland*

Bürokratie müsse dort abgebaut werden, wo sie der europäischen Idee nach eigentlich nichts zu suchen hat: dort, wo es keine transnationalen Probleme zu lösen gibt. Ein Beispiel hierfür seien die Bereitschaftszeiten bei der freiwilligen Feuerwehr. In verschiedenen Urteilen regelt der Europäische Gerichtshof hier, wann Bereitschaftsdienste als Arbeitszeit gewertet werden müssen. „Irgendjemand muss freilich regeln, wie Bereitschaftszeiten begrenzt



FOTO: PICTURE ALLIANCE / CARO | RUPFER

Berlaymont-Gebäude in Brüssel: Neue Gesetzesinitiativen auf EU-Ebene entstehen meist in diesen Büros der Europäischen Kommission. Der Bau stammt aus den späten 1960er-Jahren.

40

Dass diese Neuorientierung für Deutschland zum Erfolg wurde, liegt laut den Forschungsergebnissen Baccaros und Höpnern maßgeblich daran, dass der europäische Binnenmarkt immer wieder Antworten auf einige der größten ökonomischen Probleme lieferte, vor denen das Land stand. Nach der Wiedervereinigung und dem direkten 1:1-Tausch von Ost-Mark in D-Mark zum Beispiel brachten rund acht Millionen ehemalige DDR-Bürger schlagartig eine Kaufkraft in das Land, die den Markt unter Druck setzte. Das Ergebnis: „Das Land war damals instabiler als zuvor. Die Nachfrage überstieg das Angebot, es gab Inflation und Leistungsbilanzdefizite – das heißt, man musste damals mehr importieren, als man exportieren konnte“, so Lucio Baccaro.

Vor diesem Zwiespalt geriet Deutschland in eine Phase der Stagnation, die auf dem Papier bis in die 2000er-Jahre andauern sollte. Doch in der Realität merkte man dies kaum. Denn Deutschland setzte in Sachen Wachstum alle Karten auf seinen Export – und das mit großer Wirkung. Zwischen 1995 und 2007 gingen rund 85 Prozent des deutschen Wirtschaftswachstums auf den Exportsektor zurück. Diesen massiven Anstieg hatte man zu großen Teilen Europa zu verdanken. Denn zumindest bis zur Eurokrise war ein beträchtlicher Teil der in Deutschland produzierten

Waren für den europäischen Binnenmarkt bestimmt. Damit sicherten die EU und der Euro als einheitliche Währung über Jahre hinweg den Wohlstand im Land. „Irgendwann wurde die Wirtschaft so wettbewerbsfähig, dass die wachsende Exportnachfrage ein Gegengewicht zur schrumpfenden Binnennachfrage bildete“, erklärt Lucio Baccaro.

Export allein reicht nicht

Eine sichere Bank für Erfolg war dieses Modell allerdings nie, erklärt Baccaro weiter: „Deutschland hatte einfach Glück.“ Seine Wirtschaft sei zwischen 1995 und 2007 kontinuierlich gewachsen – angetrieben durch den Exportsektor. In den EU-Ländern, in denen dieser Motor fehlte, habe das aber ganz anders ausgesehen, meint Baccaro: „Spätestens seit der Finanzkrise des Jahres 2008 stehen die Länder der Eurozone wirtschaftlich schlechter da als die USA. Die Exportmärkte in Europa schrumpfen. Nur in Deutschland spürte man von diesem Trend wenig. Denn das Land entwickelte sein Modell weiter und exportierte immer stärker ins außereuropäische Ausland.“

Ist der deutsche Sonderweg, der das Land zumindest kurzfristig vor der Stagnation bewahrt hat, also ein

Vorbild, an dem andere EU-Staaten sich orientieren sollten? Lucio Baccaro schüttelt den Kopf. Das Ganze sei eher ein Albtraum für das Gleichgewicht im europäischen Binnenmarkt. Denn während Deutschland mit seinem Exportdrang immer wettbewerbsfähiger wurde, entwickelten sich andere Länder geradezu gegensätzlich. Spanien zum Beispiel konzentrierte sich in Sachen Wirtschaftswachstum lange Zeit auf das inländische Tourismus- und Baugewerbe, das bisweilen nahezu elf Prozent des Bruttoinlandsprodukts ausmachte – und mehr als in jedem anderen europäischen Land. Dieser Boom überdeckte strategische Defizite, vor allem im Exportbereich. Dieses Ungleichgewicht habe die EU bis heute nicht lösen können, findet Baccaro. Würden sämtliche Mitglieder der Eurozone schneller wachsen, käme das auch Deutschland zugute.

Die einseitige deutsche Ausrichtung hat Folgen: Auch jenseits von Europa gerät das deutsche Modell immer deutlicher an seine Grenzen: „Das Modell geht inzwischen seinem Ende entgegen. Nach dem geopolitischen Schock durch den Krieg in der Ukraine und die Energiekrise sowie durch die Covid-19-Pandemie wurde der Zugang zu Exportmärkten immer schwieriger“, meint Baccaro. Schon heute könne man sehen, wie schwierig Handelsbeziehungen etwa zu China oder zu Russland seien. Auch die Herausforderungen der grünen Transformation und der Digitalisierung würden so groß, dass die exportgetriebene Produktion, von der das deutsche Wachstum abhängt, zurückbleiben werde.

Zeichen der Stagnation zeigten sich bereits: 2023 ist das Bruttoinlandsprodukt nach Angaben des Statistischen Bundesamts um 0,3 Prozent gesunken. In den ersten drei Monaten des Jahres stieg es bereinigt nur um 0,2 Prozent. Um langfristig wirtschaftlich stabil zu bleiben, brauche die Bundesrepublik ein ausgewogeneres Modell, befinden Lucio Baccaro und Martin Höpner auf Basis ihrer Forschung. Normalerweise sei das exportgetriebene Wachstumsmodell eher für kleine, offene Volkswirtschaften wie Irland oder Schweden sinnvoll. Dass ein Gorilla wie Deutschland mit über 80 Millionen Einwohnerinnen und Einwohnern und einem großen Binnenmarkt dieses Modell anwendet, sei höchst ungewöhnlich. Denn der starke Exportsektor hat seine Kehrseite: Das Wirtschaftswachstum in Deutschland hat die Balance verloren. „Traditionell vernachlässigt Deutschland seinen eigenen Binnenmarkt und macht

seinen Wohlstand dadurch abhängig von der EU. Wenn der Exportmarkt nicht weiterwächst, kommt auch das Wachstum im Land zum Erliegen“, sagt Höpner. Für die beiden Forschenden ist dieser einseitige Fokus eine strategische Fehlentscheidung. Um langfristig stabiles Wachstum zu haben, müsse das Modell auf eine Balance zwischen Export- und Binnenwirtschaft ausgerichtet werden.

Was man brauche, sei der Mut, einen ehrlichen Blick auf die Wirtschaft im Land zu werfen und Problemfelder anzugehen: „Die Reallöhne in Deutschland stagnieren seit mehreren Jahren, vor allem im Bereich der Dienstleistungen, im Handel, im Baugewerbe und im öffentlichen Sektor“, kritisiert Baccaro. Außerdem, ergänzt Höpner, binde der Exportsektor aktuell viele Arbeitskräfte, die in anderen Bereichen wie etwa der Care-Arbeit oder dem öffentlichen Sektor fehlten.

Und gleichzeitig gibt der Staat kaum Geld für Investitionen aus. „Deutschland investiert nicht ausreichend in seine Infrastruktur – auch nicht in jene Bereiche, in denen es infolge des sich verändernden internationalen Wettbewerbs sehr nötig wäre, wie zum Beispiel in die Digitalisierung“, so Baccaro. Genau hier liegen nach Meinung der Wissenschaftler die Stellschrauben für ein gesundes Wachstum in der Zukunft und damit ein Garant für ökonomische Sicherheit und Freiheit: „Damit die Nachfrage im Land zum Wohlstand beiträgt, müssen die Reallöhne steigen und die öffentlichen Ausgaben wachsen. Wir brauchen massive Investitionen“, folgert Baccaro. „Die Auswirkungen auf den Schuldenstand im Verhältnis zum Bruttoinlandsprodukt hängen von

den Auswirkungen der Investitionen auf das Wachstum und von der Entwicklung der Zinssätze ab. Es ist nicht eindeutig, dass mehr öffentliche Investitionen zu einem Anstieg der Schuldenquote führen.“ In jedem Fall könne Deutschland es sich leisten, seine Schuldenquote für sinnvolle Infrastrukturinvestitionen, aber auch für andere Zwecke wie Dekarbonisierung und Digitalisierung zu erhöhen.

Welchen Kurs die deutsche Wirtschaftspolitik nimmt, bleibt abzuwarten. Klar scheint: Nur wenn das ökonomische Schwergewicht Deutschland und mit ihm ganz Europa wirtschaftlich prosperieren, wird das Vertrauen der Menschen in die EU nicht enttäuscht.

www.mpg.de/podcasts/recht_schafft_freiheit

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

Die EU lässt sich als Staatenverbund nicht an den Standards einer parlamentarischen Demokratie messen. Sie ist kein Staat, sondern oberste Ebene eines Mehrebenensystems, das von den Mitgliedstaaten getragen wird.

Die EU schafft Freiheit – vor allem ökonomisch: Sie setzt mit ihren Vorschriften individuelle Freiheiten für die Bürger und Bürgerinnen der Mitgliedstaaten durch und schafft Sicherheit.

Die deutsche Exportwirtschaft konnte die Vorteile von Binnenmarkt und Euro gut nutzen. Um langfristig stabil zu sein, müsse Deutschland sich weniger auf den Export als auf den eigenen Binnenmarkt konzentrieren und ein ausgeglicheneres System schaffen, das unabhängiger von der EU sei, finden Forschende.

Luiz Gama, erst selbst Sklave, dann Anwalt, hat Hunderte von Menschen aus der Sklaverei befreit. Aber kennt ihn heute noch jemand? Bruno Rodrigues de Lima vom Max-Planck-Institut für Rechtsgeschichte und Rechtstheorie hält die Erinnerung wach. Denn die Arbeit des Menschenrechtlers, so sagt der junge Jurist aus Brasilien, sei noch längst nicht getan.

TEXT: MARTIN TSCHECHNE

42

Irgendwann einmal, das ist ziemlich sicher, wird dieses Bild in einem Film zu sehen sein. Hollywood vielleicht oder eine Serie auf Netflix: Da steht ein Junge, ein Kind noch, an einer Reling; das Schiff, die Saraiva, ein Seelenverkäufer von 152 Tonnen, legt im November 1840 von der Kaimauer ab, um eine Ladung Sklaven von Salvador de Bahia nach Rio de Janeiro zu bringen, 1600 Kilometer an der Küste entlang nach Süden. Gedränge an Bord, Ratten rennen über das Deck, sie fressen Tautropfen an, Papiere, alles. In diesem Moment wird dem Jungen klar, was mit ihm geschieht. Vater, schreit er hinüber, während das Festland von ihm abrückt, Vater, du hast mich verkauft! So könnte es sich zugetragen haben, am ersten Wendepunkt in Luiz Gamas Leben – dem Leben des brasilianischen Anwalts, der vom Sklaven zum Sklavenbefreier wurde.

Fast zweihundert Jahre später, am Frankfurter Max-Planck-Institut für Rechtsgeschichte und Rechtstheorie. Bruno Rodrigues de Lima hat sich einen Lesesessel an das Fenster seines Büros geschoben. Die Regalwand daneben steht voll alter Bücher, Gesetzestexte seiner brasilianischen Heimat hinter brüchigen Lederrücken, Abhandlungen, Kommentare und Dokumentationen. Lima, gerade 35, schwarz gelockt und schlank, betrachtet die

Sammlung. Seine Suche nach den Ursachen für den Zustand seines Landes, nach dessen Perspektiven für die Zukunft führt den Forscher immer wieder tief in die Sedimente von Archiven und Bibliotheken.

Auf dem Tisch liegen Kopien von Prozessakten, deren kalligrafische Schwünge den Respekt und die Begeisterung der Gerichtsschreiber erkennen lassen, die vor hundertfünfzig Jahren mit diesen Fällen befasst waren. Lima hat die Originale Stück für Stück in den Gerichten seiner Heimat aufgespürt; seit fast zwanzig Jahren reist er kreuz und quer durch das riesige Land – aber hier, in der rechtshistorischen Bibliothek des Frankfurter Max-Planck-Instituts, hat er die Texte gefunden, die ihm helfen, Muster zu erkennen, die Ideen hinter den Gesetzen, politische Absichten, ökonomische und ökologische Auswirkungen. Immer wieder springt er auf, schiebt die mächtigen Stapel von Papieren hin und her, zieht einen der Folianten aus dem Regal – und findet mit einem Griff die passende Passage, eine Fußnote, einen Querverweis, ein Zitat. „Hier, sehen Sie!“ Es geht um ein Leben, das ihm aus den Zeilen entgegentritt. Es geht eigentlich um mindestens zwei Leben, streng genommen sogar um fünfhundert und mehr. Lima hat eine große Geschichte zu erzählen.

Salvador de Bahia an der brasilianischen Atlantikküste, 10. November 1840. Luiz Gonzaga Pinto da Gama, zehn Jahre alt und bis dahin aufgewachsen in einem zweistöckigen Haus an der Rua do Bângala, wird fortgerissen von den Unruhen seiner Zeit: Der Vater entstammt einer Familie der portugiesischen Oberschicht, ein Spieler, Trinker,

—>

BESUCH BEI

BRUNO RODRIGUES
DE LIMA



FOTO: KATRIN BINNER FÜR MPG

43

Bibliophiler Forscher: Die umfangreiche Bibliothek am Max-Planck-Institut für Rechtsgeschichte und Rechtstheorie ist für Bruno Lima eine Fundgrube.

wohlhabend zunächst, aber leichtfertig und bald so verschuldet, dass nur noch der Verkauf seines Sohnes ihm Geld verschaffen kann. In Luiz Gamas Leben wird der Vater fortan keine Rolle mehr spielen.

Die Mutter, Luiza Mahin, war als Sklavin aus Westafrika verschleppt worden. Eine schöne Frau, berichtet der Sohn später, stark und voller Zorn. Sie verkaufte Obst an der Straße, hielt das Geld zusammen, bis sie genug hatte, um sich freizukaufen. Ihre Empörung brodelte weiter. Als sich 1835 afrikanische Sklaven in der Stadt gegen ihre Herren erhoben, stellte sie ihnen ihr Haus als Operationszentrale zur Verfügung. Sie mischte sich ein, die einzige Frau an der Spitze des Aufstands. Doch der wurde niedergeschlagen. Die Anführer wurden erschossen oder kamen ins Gefängnis; Luiza Mahins Spur verliert sich in Rio. Vermutlich wurde sie, wie viele andere auch, auf ein Schiff nach Afrika gebracht und in die Verbannung geschickt. Den Sohn sollte die Mutter nie wiedersehen.

zehn fängt er bei dem Kommissar und Juraprofessor Furtado de Mendonça in São Paulo als Gehilfe an. Und welch ein Glücksfall für den wissensdurstigen jungen Mann, dass sein Förderer nicht nur an der juristischen Fakultät lehrt, sondern auch einen Schlüssel zu deren Bibliothek besitzt ...

Im Film wäre nun ein harter Schnitt zu machen, ein Sprung um anderthalb Jahrhunderte in die Zukunft, ins Jahr 1996. Zu sehen wäre ein Junge von knapp acht Jahren, sehr dünn, im New Yorker Stadtteil Queens. Der Junge trägt ein bedrucktes T-Shirt und extraweite Hosen, wie viele in seiner Nachbarschaft, und wirkt doch eigenartig fremd in der Umgebung. „In den USA waren wir Illegale“, sagt Lima heute unumwunden, „*undocumented immigrants*.“ Die Familie war wegen der sozialen Unsicherheit in Brasilien zu Verwandten in den Vereinigten Staaten ausgewichen; der Vater ging in einem Golfclub putzen, die Mutter arbeitete als Küchenhilfe. Der Junge fiel auf durch seine Auffassungsgabe, und weil die Schuljahre der alten und der neuen Heimat

Lima lernte. Er lernte auch den Rhythmus der Straße, den Rap, hervorgegangen aus den Sprechgesängen der Schwarzen Sklaven.

Immer wieder tauchen in der Erzählung von Luiz Gamas Leben Szenen auf, die Farbe und Dynamik entfalten wie in einem Film: São Paulo 1847, das prachtvolle Haus des Sklavenhändlers Antonio Pereira Cardoso. Luiz, inzwischen siebzehn, ist nach Jahren der Demütigung hier gelandet. Er arbeitet als Hausdiener, wird anständig behandelt. Ein Student, der ein Zimmer bei Cardoso bewohnt, nimmt sich sogar die Zeit, dem Jungen Lesen und Schreiben beizubringen, und weil Jura sein Fach ist, weckt er auch dafür das Interesse seines jungen Freunds. Luiz muss gespürt haben, welche Möglichkeiten sich ihm da auftun. Keine zwei Jahre später hat er die Papiere beisammen, die ihn zu einem freien Mann machen: Seine Mutter, eine rechtmäßig freigekaufte Sklavin, ein Vater, der keinen Besitzanspruch auf den Sohn geltend machen kann – schon der Verkauf des Jungen war illegal. Luiz hat alles schwarz auf weiß. Heute kann niemand sagen, wie er das angestellt hat. Ein blutjunger Kerl, der zwei, drei Jahre zuvor nicht mal buchstabieren konnte. Mit neun-

versetzt zueinander lagen, wurde entschieden: Er fängt gleich in der nächsthöheren Klassenstufe an. Dass er von der Sprache kaum etwas verstand – kein Problem. Das traf hier auf so viele zu. Er lernte. Lernte auch den Rhythmus der Straße, den Rap, hervorgegangen aus den Sprechgesängen Schwarzer Sklaven auf den Plantagen im Süden der Vereinigten Staaten, und wo das Englische nicht ausreichte, fügte der Junge eben Wörter und Reime seiner portugiesischen Muttersprache ein. Er sei damals richtig gut gewesen, sagt Lima heute. Aber es gefiel ihm nicht, das Land, die fremde Kultur, eine Sprache, die für ihn an Poesie und Nuancenreichtum der eigenen nicht nahekam und bis heute nicht nahekam.

Zwei Jahre später kehrte die Familie nach Brasilien zurück. Und weil sich der Sprung mit der Schule wiederholte, so rechnet Bruno Lima vor, kam er eben mit neun in die fünfte Klasse und mit sechzehn an die juristische Fakultät der Catholic University in

Der Wissenschaftler verbringt viel Zeit in Bibliotheken und Archiven. Er hat bereits Tausende von Gamas Schriften zusammengetragen, um sie der Öffentlichkeit zugänglich zu machen.



FOTO: KATRIN HINNER FÜR MPG

Campinas und in die Zeitung. Der jüngste Student in der Geschichte der juristischen Fakultät, hoch begabt und früh gefördert vom brasilianischen Bildungsministerium. Mit fünfundzwanzig Jahren in Brasilien als Anwalt zugelassen, an der Frankfurter Goethe-Universität promoviert mit dem Prädikat summa cum laude für seine Dissertation, eine Biografie über Luiz Gama, ausgezeichnet mit dem Walter-Kolb-Gedächtnispreis 2022 und der Otto-Hahn-Medaille 2023 der Max-Planck-Gesellschaft. Und immer mit demselben, klaren Ziel vor Augen: die Nachwirkungen der Sklaverei in seinem Land zu verstehen, um die Rechtssituation der schwäch-

ten Mitglieder der Gesellschaft zu verbessern – die der Nachkommen ehemaliger Sklaven. Der Film könnte nun eine Szene vom November 2002 einblenden. Die Familie Lima lebt in Itatiba nördlich von São Paulo; eine sehr alte Frau aus der Nachbarschaft, Tochter einer früheren Sklavin, ist ins Haus gekommen und spricht mit der Mutter. Tage zuvor, am 27. Oktober, war Luiz Inácio Lula da Silva erstmals zum Staatspräsidenten gewählt worden. Bruno Limas Eltern hatten 1980 zu den Gründungsmitgliedern seiner Arbeiterpartei PT gehört – nun hofft die verzweifelte Nachbarin auf Vermittlung: Der Bürgermeister habe ihre Familie und 33 andere auf-



gefordert, ihren Quilombo zu verlassen, jene Siedlung vor der Stadt also, die sie und ihre Vorfahren seit mehr als hundert Jahren ihre Heimat nannten.

Quilombo, so erläutert Bruno Lima, sei ein Schlüsselbegriff zum Verständnis der brasilianischen Politik bis in die Gegenwart: Immer gehe es bei der Zerstörung dieser Wohnsiedlungen um wirtschaftliche Interessen, Viehzucht oder Erdöl, die Abholzung des Waldes, den Ausbau von Plantagen für Kaffee oder Soja. Und immer werden die Bewohner, viele von ihnen Abkömmlinge früherer Sklaven, dabei von ihrem Land vertrieben. Dass eine neue, erst 1988 verabschiedete Verfassung ihr Recht auf Eigentum klar regelte, gut und schön. Die Praxis, das erlebte der Heranwachsende ja gerade in der Küche seiner Mutter, sah anders aus. So ist es bis heute: Gut fünftausend solcher Gemeinwesen, schätzt Lima, müssten immer noch vor den Gerichten um Anerkennung und Fortbestand kämpfen – und die Bewohnerinnen und Bewohner sogar um ihr Leben, fügt er hinzu.

Er könne doch mal herausfinden, schlug die Mutter ihrem Sohn damals vor, ob der Quilombo der Besucherin tatsächlich schon vor der offiziellen Abschaf-

fung der Sklaverei im Jahr 1888 existiert habe. Das war nämlich das Kriterium, das die Verfassung hundert Jahre später festlegte und das bestimmte, ob die Frau bleiben durfte. Aber hielt sich jemand daran, der eine Plantage für Palmöl in den Urwald schlagen wollte? In jenem Moment, so erinnert sich Lima, habe er den Namen Luiz Gama zum ersten Mal bewusst gehört: Da sei einer gewesen, erzählt die alte Frau, der sich wie ein Held zwischen die Großgrundbesitzer, eine korrupte Regierung, eine willfährige Justiz auf der einen Seite und die Sklaven, die Freigelassenen und immer noch Unterdrückten auf der anderen Seite geworfen habe. Mit allem, was einem brillanten Geist zur Verfügung steht: mit Beweisen und fein ausgearbeiteten Argumenten, mit der Macht des veröffentlichten Wortes und juristischer Schläue, mit Spott und Sarkasmus.

Der Vierzehnjährige machte sich auf die Suche, vergrub sich tagelang in den lokalen Archiven. Am Ende gelang es ihm, die Papiere beizubringen, die den Bewohnerinnen und Bewohnern des Quilombo zu ihrem Recht verhalfen. Die Begebenheit legte den Grundstein für Limas Forschung zu Gamas Leben: Er sammelte und las alles von Gama, was er finden konnte. Viel war das vorerst nicht, 51 Gedichte und 25 Zeitungsartikel, erinnert er sich. Inzwischen liegen vier gewichtige Bände auf dem Schreibtisch im Frankfurter Institut. Sieben weitere sollen in den nächsten zwei Jahren folgen. Lima hat die Schriften in Archiven seiner brasilianischen Heimat gesucht, gefunden, bearbeitet und herausgegeben, Protokolle von Gerichtsverhandlungen, eine Autobiografie, wütende Kommentare für die Zeitung, sogar Spottverse hat Gama verfasst: elfhundert Texte im Original, dazu einige Tausend Erläuterungen und Verweise – sein Stolz ist dem Forscher anzumerken. Die Sammlung ist sein Schatz. Sobald er ein Buch aufschlägt, murmelt er die Seitenzahl und die laufende Nummer der Fußnote, die er zitieren möchte. Natürlich zutreffend. Und irgendwann wird er einstreuen: Luiz Gamas Leben währte zweiundfünfzig Jahre, zwei Monate, drei Tage und sieben Stunden. Bis zum Nachmittag des 24. August 1882.

Bruno Lima lässt wenig Zweifel daran, dass er fast jeden Tag in Gamas Leben für ein exemplarisches Datum in der Rechtsgeschichte seines Landes hält. Deshalb gilt es einen zu entdecken und zu rehabilitieren, der nicht nur seinen eigenen Fall zielstrebig vertreten hat, sondern sich bald darauf zu einem der streitbarsten Rechtsanwälte für die Sache der Unterdrückten in Brasilien aufschwang. Zu einem, der im ganzen Land unterwegs war, der Menschenrechte einforderte, wie sie die brasilianische Verfassung

Bruno Limas preisgekrönte Doktorarbeit, eine Biografie über Luiz Gama, ist als Buch erschienen.



FOTO: KATRIN BINNER FÜR MPG

schon lange vorsah (aber, wie Lima hinzufügt, bis heute nicht einhält), und vor den Gerichten den Wortlaut von Kaufverträgen, Erbschaftsvereinbarungen und letzten Verfügungen der Sklavhalter sezierte, der nicht ruhte, bis seine Mandanten endlich frei waren. Zwei Millionen Sklaven gab es seinerzeit in Brasilien, rund zwanzig Prozent einer Bevölkerung von zehn Millionen. Für mindestens fünfhundert von ihnen, dies dokumentieren Bruno Limas Recherchen, konnte Luiz Gama vor den Gerichten die Freiheit erstreiten. Es können aber auch tausend oder mehr gewesen sein – die Suche des jungen Forschers ist ja noch lange nicht abgeschlossen. Am Max-Planck-Institut in Frankfurt findet Bruno Lima die idealen Rahmenbedingungen, um das Erbe der Sklaverei im brasi-

Ein Film, der die Lebensgeschichten von Luiz Gama und Bruno Lima zusammenschneidet, müsste große Sprünge machen und die Zeit rafften können, wo die Bilder der Vergangenheit unklar sind. Gama hat Zeitungen gegründet und Pamphlete gegen das Übel der Leibeigenschaft verfasst. Er hat Verse geschrieben, in denen er über die hochmögenden Juristen seiner Umgebung herzieht. Bruno Lima, der schon als Rapper in Queens seine Freude an Rhythmus und Witz von Sprache erproben konnte, scheut keinen Vergleich. Mit Bertolt Brecht etwa: Luiz Gama, sagt er, sei ohne jeden Zweifel der bessere Poet gewesen. Nun ja, diese Behauptung mag ein bisschen kühn sein, doch spricht daraus die tiefe Verehrung des Wissenschaftlers für den Anwalt und Menschenrechtler.

Bruno Lima sammelte und las alles von Luiz Gama, was er finden konnte.

lianischen Recht weiter zu untersuchen. „Sklaverei hat tiefgreifende Auswirkungen auf ganz unterschiedlichen Ebenen“, sagt er. „Sie reichen vom Leben der Schwarzen in den Favelas bis hin zu den Bäumen im Amazonas-Regenwald.“

Im Jahr 1870 bekommt Luiz Gama seine große Chance. Der Commendatore Ferreira Netto, wohnhaft in Porto, Portugal, stirbt. Kinderlos. Ferreira Netto war bis zu seinem Tod Betreiber von Kaffeeplantagen in der Region um Santos in Brasilien gewesen. Das Vermächtnis stellt die Behörden vor komplizierte Herausforderungen: Wer hat Anspruch auf Ferreira Nettos Ländereien in Südamerika? Und wer auf die Sklaven, wenn doch die Sklaverei in Portugal, der Heimat ihres Besitzers, inzwischen abgeschafft war? Die Richter teilen das Verfahren auf, Luiz Gama ergattert ein Mandat, stürzt sich in die Arbeit; am Ende gewinnen zweihundertsiebzehn Leibeigene auf einen Schlag ihre Freiheit. Bruno Lima hat mehr als tausend Seiten zu dem bis dahin kaum bekannten Fall geborgen. „Es ist die wohl größte kollektive Freiheitsklage in der Geschichte ganz Amerikas“, sagt er. Luiz Gama triumphierte. Und wenn auch alle, die um das Erbe gestritten haben, sich einhellig gegen ihn wenden, sogar mit Mord wird ihm gedroht – es ist der fulminante Start einer Karriere als Anwalt gegen die Sklaverei.

Rio de Janeiro, im Februar 2024. Bruno Lima ist zum Karneval nach Rio geflogen, aus der Frankfurter Winterkälte in die Hitze der brodelnden Straßenschluchten. Portela, eine der großen Sambaschulen des Landes, hat dort mit fast dreitausend grell geschminkten Frauen und Männern die Geschichte der freigekauften und verschleppten Luiza Mahin und ihres Sohnes Luiz Gama in ein rhythmisch stampfendes, gesungenes und getanzt Spektakel übersetzt. Lima hat geholfen, die Geschichte auf die Straße zu bringen. Aber ist dies schon das Schlussbild seiner Erzählung? „Oh nein“, stellt der Forscher klar, „es ist ein Anfang.“ Offiziell sei die Sklaverei abgeschafft in dem Land, das mehr Menschen zu Leibeigenen gemacht hatte als jedes andere. Aber solange die Geschichtsschreibung in den Händen derer liege, die diese Geschichte über Jahrhunderte hinweg gestaltet haben, solange die Schwarzen Nachfahren der Sklaven um ihr Eigentum fürchten müssten und zwar vielleicht berühmte Fußballspieler werden können, aber niemals Staatspräsident – so lange wolle er dazu beitragen, dass ein Luiz Gonzaga Pinto da Gama nicht eine Fußnote der Geschichte bleibt. Mit einer juristischen Biografie, elf Bänden seiner gesammelten Werke und mehr als eintausend Texten, die in Bibliotheken auf der ganzen Welt verfügbar sein werden – und mit Trommeln und Trompeten und dreitausend Tänzerinnen und Tänzern.





BILD: ADOBE STOCK/PROSLGN

ZWEITER BLICK

*MAX-PLANCK-INSTITUT
FÜR BILDUNGSFORSCHUNG*

Zu viel Stress? Ab in den Wald!
Der Blick in Baumkronen, der würzige Duft, die Geräusche des Waldes, dazu das sanfte Knirschen der eigenen Schritte – bereits ein einstündiger Waldspaziergang senkt nachweislich die Aktivität in der Amygdala des Gehirns (hier rot eingefärbt) – einer Region, die bei Stress besonders aktiv ist. Dagegen bleibt die Hirnaktivität bei einem Spaziergang durch die Stadt gleich. Ein weiterer Vorteil der Natur: Vogelgesang mildert Ängstlichkeit und irrationale Gedanken. Wald entspannt – eine Erkenntnis, die in Japan seit Jahrhunderten gelebt wird als „Shinrin Yoku“ – ein Bad im Wald.



BILD: MPI FÜR BILDUNGSFORSCHUNG

VORDENKER DES VÖLKERRECHTS

Heute erscheint es als selbstverständlich, dass die Sicherung des Friedens zwischen den Staaten das erste Ziel der Diplomatie ist. Ob das gelingt, hängt von zwei Faktoren ab: dem politischen Verhandlungsgeschick und der Expertise im Hintergrund. Diese bietet das Max-Planck-Institut für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht seit hundert Jahren – und hat damit Spuren in der Zeitgeschichte hinterlassen.

TEXT: SUSANNE KIEWITZ

50

Es war eine nationale Notlage, der das heutige Max-Planck-Institut für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht seine Existenz verdankt. Nach der Niederlage im Ersten Weltkrieg stand Deutschland außenpolitisch im Abseits. Der Friedensvertrag von Versailles als Grundlage des künftigen Miteinanders war ohne die Deutschen ausgehandelt worden. Um die harten Bestimmungen des Vertrags abzumildern, brauchte die junge Weimarer Republik völkerrechtliches Know-how.

Der Friedensvertrag mit seinen schweren Reparationspflichten bedeutete umso mehr ein wirtschaftliches Desaster, als Deutschland zugleich seine Gebiete an Saar, Rhein und Ruhr mit ihren ertragreichen Kohlegruben und der Schwerindustrie für viele

Jahre Frankreich überlassen musste. Der Vertrag sorgte zudem für innenpolitischen Sprengstoff, denn Konservative und politische Extremisten propagierten die „Schmach von Versailles“ als Versagen der auf unsicheren Füßen stehenden jungen Demokratie. Deren Strategie bestand von nun an darin, den Versailler Vertrag im Rahmen des geltenden Völkerrechts zu revidieren.

Dabei sollte die Gründung eines unabhängigen Forschungsinstituts für Völkerrecht helfen, denn dem Auswärtigen Amt fehlte der umfassende Überblick über die Rechtssysteme der ausländischen Siegermächte, der für erfolgversprechende Nachverhandlungen unverzichtbar war. Am 19. Dezember 1924 wurde das neue Institut schließlich als unabhängiger Verein

gegründet, was seine politische Neutralität garantierte, und folgte den Statuten der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. „Die Idee geht auf Viktor Bruns zurück, damals Professor für Staats- und Völkerrecht an der Berliner Universität“, sagt Philipp Glahé. Anlässlich des hundertsten Geburtstags untersucht der Historiker die Geschichte des Max-Planck-Instituts für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht an bislang unbekanntem Quellen, die zum Teil noch im Institut lagern. Zum Jubiläum hat er, gemeinsam mit der Völkerrechtlerin Alexandra Kemmerer, die das Berliner Büro des Instituts leitet, ein multiperspektivisches Forschungsprojekt begonnen. Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen sowie damalige und heutige Mitarbeitende er-

→

Das Berliner Schloss in den 1920er-Jahren. Nach dem Ende der Monarchie beherbergte der Bau verschiedene wissenschaftliche Einrichtungen, darunter auch das Kaiser-Wilhelm-Institut für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht.



kunden die Institutsgeschichte und dokumentieren ihre Recherchen und Erinnerungen auf einem Blog.

Wie stark die Welt Anfang des 20. Jahrhunderts verflochten war, hatte der Erste Weltkrieg dramatisch klargestellt. Entsprechend wichtig wurden nun internationale Vereinbarungen und Strukturen, die den Frieden langfristig sichern sollten; dazu gehörte der Völkerbund von 1920. Auch Gründungsdirektor Viktor Bruns sah im Völkerrecht eine autonome Rechtsordnung als Grundlage des Miteinanders der Staaten.

Herzstück des Instituts im ehemaligen Berliner Schloss der abgesetzten Hohenzollernkönige war die wachsende Bibliothek, denn die Sammlung bildete die Grundlage der Rechtsvergleichung, die Bruns als zukunftsweisende Methode mit in sein Fach einbrachte. Der Vergleich juristischer Konzepte, Gesetzeswerke und der Rechtsprechungen unterschiedlicher Länder zeigt allgemeine Prinzipien, die Grundlage völkerrechtlicher Vereinbarungen werden können, da sie mit dem jeweiligen nationalen Recht vereinbar sind.

52

Das neue Institut lieferte der Regierung mit Berichten und Gutachten bald wichtige Informationen für die Diplomatie mit den ehemaligen Feindstaaten. Die deutsche Strategie ging zumindest teilweise auf: Außenminister Gustav Stresemann konnte mit den Verträgen von Locarno Vereinbarungen erzielen, die Deutschland zurück in die internationale Gemeinschaft führten. Einer der größten Erfolge Stresemanns war 1926 die Aufnahme Deutschlands in den Völkerbund.

Das Institut in der Zeit des Nationalsozialismus

Die Machtübernahme Hitlers beendete den Friedensprozess 1933 mit einem Schlag. Schon wenige Monate später trat Deutschland aus dem Völkerbund aus und wandelte sich zur Dik-

tatur, zu der sich das Institut für Völkerrecht weiterhin grundsätzlich loyal verhielt. Ein klares „Engagement für Aufrüstung und imperiale Ziele“ bescheinigt der Wissenschaftshistoriker Rüdiger Hachtmann zentralen Akteuren des Instituts in der NS-Zeit in seinem Beitrag zum Jubiläumsblog, der auch dieses dunkle Kapitel der Institutsgeschichte aufarbeitet. Der NS-Staat warf die bis dahin gültige Vorstellung vom Völkerrecht als einer friedenssichernden Rechtsordnung gleichberechtigter Staaten über Bord und ersetzte sie durch das Dogma völkisch-deutscher Überlegenheit, um die eigenen imperialistischen Expansionsziele zu legitimieren. Das Institut – weiterhin außenpolitischer Berater – „war nun gehalten, aber nicht gezwungen, diese Politik zu stützen“, urteilt Rüdiger Hachtmann: 1937 rechtfertigte Direktor Bruns den Austritt Deutschlands aus dem Völkerbund. Und mit Carl Schmitt, den er 1933 als wissenschaftlichen Berater berief, gab Bruns dem NS-nahen Völkerrecht einen festen Platz an seinem Institut. Schmitt, der charismatische „Kronjurist des Dritten Reichs“, lieferte die juristischen Grundlagen für die imperialistisch-rassistische Politik des auf Krieg sinnenden „Führerstaats“ und tat sich selbst als Nationalsozialist und Antisemit hervor.

Der deutsche Einmarsch ins Sudetenland im Jahre 1938 ließ keine Zweifel mehr daran, dass Hitler seine imperialistischen Großmachtfantasien verwirklichen wollte, was mit dem Überfall auf Polen im September 1939 zum Bruch der europäischen Friedensordnung und in den Zweiten Weltkrieg führte. Das Kaiser-Wilhelm-Institut für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht wurde – da eng mit dem Auswärtigen Amt verbunden – nun dem Oberkommando der Wehrmacht unterstellt. Mit Fortschreiten des Krieges regte sich innerhalb des Systems jedoch auch Widerstand, der sich ab 1943 um Claus Schenk Graf von Stauffenberg organisierte. Desse Bruder Berthold arbeitete seit 1929 als Wissenschaftler am Institut für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht und wurde mit den

übrigen Widerständlern nach dem gescheiterten Hitler-Attentat vom 20. Juli 1944 von der NS-Justiz zum Tode verurteilt.

Der Krieg hatte um diese Zeit mit alliierten Luftangriffen auch das Institut erreicht, dessen Räume im Berliner Schloss im Frühjahr 1945 in Flammen aufgingen. Da jedoch große Teile der kostbaren Bibliothek gerettet werden konnten, gab es einen soliden Grundstock für den Wiederaufbau nach dem Krieg unter Carl Bilfinger. Nach Viktor Bruns' plötzlichem Tod koordinierte Bilfinger das Institut bereits seit 1944 von Heidelberg aus, wo es 1949 unter dem Dach der gerade gegründeten Max-Planck-Gesellschaft neu aufgebaut wurde.

Frieden im Kalten Krieg nach 1949

Auch in der Bundesrepublik orientierte sich die Forschung des Instituts an praktischen, politisch relevanten Fragen. Das lag vor allem an Hermann Mosler, der den NS-belasteten Bilfinger 1954 als Direktor ablöste. Mosler hatte zwischen 1951 und 1954 die Rechtsabteilung des Auswärtigen Amtes geleitet. Über ihn war das Max-Planck-Institut für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht während der nächsten Jahre eng mit der Regierung unter Adenauer vernetzt, und aus seiner Tätigkeit in der Ministerialbürokratie leitete Mosler auch wesentliche Forschungsthemen des Instituts ab. „Die anwendungsorientierte Völkerrechtsforschung am Max-Planck-Institut für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht diente zugleich der Systematisierung des Völkerrechts als rechtlicher Rahmen der zwischenstaatlichen Beziehungen. Es ging darum, das Völkerrecht als Rechtsordnung zu verstehen und entsprechend dogmatisch zu bearbeiten“, beschreibt der Rechtshistoriker Felix Lange, der umfassend zur Geschichte des Instituts geforscht und eine Biografie Hermann Moslers geschrieben hat, diese spezifische, praxisorientierte Form der völkerrechtlichen Grundlagen-



FOTO: PICTURE ALLIANCE / SVEN SIMON

Willy Brandt kniet vor dem Ehrenmal im Warschauer Ghetto. Auch Jochen Frowein vom Max-Planck-Institut für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht begleitete den Bundeskanzler 1970 auf dieser Reise.

53

forschung. Da zahlreiche Absolventen des Instituts in den Staatsdienst gingen, schlug sie sich auch in Rechtspraxis und Politik nieder.

Erstes politisches Ziel der Adenauer-Regierung war – wenige Jahre nach dem Ende des Weltkriegs mit mehr als 60 Millionen Toten – der Aufbau einer stabilen Friedensordnung. Es galt aber auch verlorenes Vertrauen zurückzugewinnen und die Bundesrepublik zum gleichberechtigten Partner unter den Mächten zu machen. Wie schon nach dem Ersten Weltkrieg fiel dem Völkerrecht dabei eine Schlüsselfunktion zu. Hermann Mosler war überzeugt, dass die Zusammenarbeit mit den Westmächten auf Grundlage völkerrechtlicher Ver-

träge einen Sicherungsmechanismus gegen nationale oder faschistische Alleingänge darstellen würde und damit innereuropäische Konflikte vermieden werden könnten. „Außerdem spielte das Völkerrecht eine wichtige Rolle dabei, die junge Bundesrepublik außenpolitisch zu konsolidieren“, urteilt Felix Lange: „Hermann Mosler unterstützte Adenauers Politik der Westintegration mit seiner rechtlichen Expertise, da er dessen europapolitische Ideen teilte.“ Dazu gehört die klare Orientierung nach Westen anstelle der Suche nach einem Mittelweg zwischen den Machtblöcken in Ost und West.

Für die Forschungsarbeit des Instituts waren die neuen europäischen Ver-

träge westlicher Staaten besonders interessant. 1950 hatte der französische Außenminister Robert Schuman die Gründung der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl (EGKS) angeregt. An den Verhandlungen über die Ausgestaltung dieses Bündnisses nahm auch Hermann Mosler als einer der juristischen Sachverständigen der deutschen Delegation teil. Die Gründung der EGKS schuf 1951 das erste europäische Wirtschaftsbandnis und war zugleich der Auftakt zur Geschichte der Europäischen Union.

Die europäische Integration bescherte dem Völkerrecht so viele neue Aufgaben, dass dieses mit dem Europarecht bald ein neues Rechtsteilgebiet bear-



beitete. Denn die supranationalen Zusammenschlüsse europäischer Staaten waren juristisch neuartige Gebilde, die sowohl mit dem nationalen Verfassungsrecht als auch mit dem Völkerrecht verflochten waren. Hermann Mosler wirkte überdies am Aufbau der internationalen Rechtsordnung tatkräftig mit, indem er 1976 als erster deutscher Richter am Internationalen Gerichtshof in Den Haag Recht sprach. Er blieb nicht der Einzige aus der Institutsleitung mit internationalem Richteramt.

1969 löste die sozialliberale Koalition nach 20 Jahren die christlich-konser-

vative Regierung Adenauers ab. Unter Bundeskanzler Willy Brandt begann für die deutsche Außenpolitik eine neue Zeit. „Wandel durch Annäherung“ war die Losung Brandts, der ein kooperatives Verhältnis zwischen der Bundesrepublik und den Ostblockstaaten anstrebte und mitten im Kalten Krieg für ein friedliches Europa warb. Bereits im Sommer 1970 kam es zur Unterzeichnung des Moskauer Vertrags mit der Sowjetunion, dem weitere Abkommen mit Polen und schließlich der DDR folgten. Die Partner verpflichteten sich, Konflikte ohne Gewalt zu lösen, und erklärten die bestehenden Grenzen

für unverletzlich. Damit wurde auch das Fehlen eines formalen Friedensvertrags zwischen Deutschland und seinen ehemaligen Kriegsgegnern pragmatisch und mit völkerrechtlicher Innovationskraft ausgeglichen. Im Grundlagenvertrag mit der DDR vereinbarten beide Länder die Einrichtung Ständiger Vertretungen als Basis für die Aufnahme diplomatischer Beziehungen.

Für die innerdeutsche Politik der Bundesrepublik bedeutete der Grundlagenvertrag eine Kehrtwende, denn er machte die bislang gültige Hallstein-Doktrin obsolet. Mit ihr hatte

54

FOTO: MPI FÜR AUSLÄNDISCHES ÖFFENTLICHES RECHT UND VÖLKERRECHT



Die Bibliothek des Max-Planck-Instituts für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht in Heidelberg umfasst auch Bestände aus den Anfangsjahren des Instituts und gibt zudem Einblicke in die Geschichte der Entwicklung des Völkerrechts.

die Bundesrepublik nicht nur den Anspruch der DDR auf staatliche Souveränität zurückgewiesen, sondern auch deren staatliche Anerkennung durch nicht kommunistische Länder boykottiert. Willy Brandt musste den DDR-Grundlagenvertrag deshalb gut absichern – auch um der Opposition im Bundestag ihre Zustimmung abzurufen. Obwohl viele am Institut den neuen sozialliberalen Kurs kritisch sahen, erhielt der Bundeskanzler von dort auch kräftige Unterstützung: Jochen Frowein, der Mitte der 1960er-Jahre an seiner rechtsvergleichenden Habilitation gearbeitet hatte, identifizierte in der Rechtspraxis des Commonwealth eine Konstellation, die sich vergleichend auf die Beziehung der BRD zur DDR anwenden ließ. Das eröffnete neue rechtliche Gestaltungsräume. Denn demnach könne, resümierte Frowein später, ein Staat „auch unter der Schwelle der vollen Anerkennung vielfältige Rechtsbeziehungen zu nicht anerkannten Staaten aufnehmen und entwickeln“.

1967 wurde Frowein Mitglied einer kleinen Arbeitsgruppe der Deutschen Gesellschaft für Auswärtige Politik, die sich mit den politischen und rechtlichen Problemen einer Anerkennung der DDR beschäftigte. Sie legte 1968 einen Bericht vor, der das Vorgehen der Regierung Brandt maßgeblich beeinflusste. Im Auftrag des Bundeskanzleramts arbeitete Frowein ein Rechtsgutachten über mögliche Beziehungen zur DDR aus und reiste mit der Delegation Willy Brandts 1970 zu den Verhandlungen nach Moskau und Warschau. Brandts von Empathie und Respekt geprägtes Auftreten, das im Kniefall am Ehrenmal für die Helden des Aufstands im Warschauer Ghetto sein ikonisches Bild fand, leitete für einige Jahre ein politisches Tauwetter ein, das langfristig die Öffnung des Eisernen Vorhangs vorbereitete. Jochen Frowein wurde 1981 Direktor am Institut, das mittlerweile zur Leitung durch ein Direktionskollegium übergegangen war. Die Öffnung nach Osten berührte auch die Arbeit des Instituts, das seinen wissenschaftlichen Austausch mit Osteuropa intensivierte. Die Themen, die in den Institutskol-

loquien behandelt wurden, dokumentieren die zunehmende weltweite Verflechtung, die praktische Fragen im Staatsrecht aufwarf. Dazu gehörte zum Beispiel die des rechtlichen Status von Ausländerinnen und Ausländern, deren Anteil an der deutschen Gesamtbevölkerung wuchs. Dazu verfasste das Institut ein Gutachten für das Bundesinnenministerium. Auch europapolitische Themen, wie etwa die Organisationsstrukturen der Europäischen Gemeinschaften, blieben im Fokus.

Das Institut seit 1980

Der Trend zur Globalisierung seit den 1980er-Jahren spiegelt sich auch darin, dass sich Rüdiger Wolfrum, der 1993 Direktor am Institut wurde, mit völkerrechtlichen Fragen im Umgang mit staatsfreien Räumen beschäftigte. Die Tiefsee, die Arktis und sogar der Weltraum bergen Bodenschätze und biologische Ressourcen, deren Nutzung ohne völkerrechtliche Vereinbarungen konfliktträchtig ist. Wolfrum wies den Weg zu einem globalen Umweltvölkerrecht, das angesichts des Klimawandels heute eines der progressiven Arbeitsgebiete des Instituts mit hoher politischer Relevanz für die Weltgemeinschaft ist.

Rüdiger Wolfrum brachte die aus seiner Forschung gewonnenen völkerrechtlichen Kompetenzen von 1996 bis 2017 als Richter am Internationalen Seegerichtshof in der Praxis ein. Von 2005 bis 2008 war er auch Präsident des Gerichts. Damit folgte er dem Beispiel seiner Vorgänger in hohen Richterämtern: Helmut Steinberger hatte am Bundesverfassungsgericht und am Schiedsgerichtshof der OSZE Recht gesprochen, Rudolf Bernhardt am Europäischen Gerichtshof für Menschenrechte. Mit seinem wissenschaftlichen Beitrag zur Rechtsentwicklung unterstützte das Institut auch immer wieder weltweite Friedensbemühungen. Der Zerfall der Sowjetunion nach dem Ende des Kalten Krieges und der Jugoslawienkrieg warfen zahlreiche Fragen für die völkerrechtliche Forschung am Max-Planck-Institut für ausländisches öf-

fentliches Recht und Völkerrecht auf, die in die Rechtsberatung einfluss. 1995 begleitete Direktor Helmut Steinberger die Friedensgespräche von Dayton als Berater der bosnischen Delegation in Verfassungs- und Völkerrechtsfragen.

Hundert Jahre nach seiner Gründung macht das Institut seine Forschung zu Demokratie und Rechtsstaatlichkeit im Austausch mit der Praxis und mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus vielen Teilen der Welt praktisch nutzbar. Direktorin Anne Peters war Mitglied der Venedig-Kommission des Europarats, die Staaten auf ihrem Weg zu demokratischen Strukturen verfassungsrechtlich berät. Direktor Achim von Bogdandy forscht und berät zur aktuellen Wiederherstellung rechtsstaatlicher Strukturen in Polen. Tragend ist der Gedanke vom Völkerrecht als Rechtsordnung einer friedlichen Weltgemeinschaft, die sich in der Anerkennung einer gemeinsamen Völkerrechtsordnung auch als Wertegemeinschaft begreift.



WEITERLESEN

MPIL100. Blog des MPIL zum 100. Jubiläum. Hrsg. von Armin von Bogdandy, Philipp Glahé, Alexandra Kemmerer und Anne Peters.

<https://mpil100.de/>

Rechtswissenschaft in der Max-Planck-Gesellschaft 1948–2002. Hrsg. von Thomas Duve, Jasper Kunstreich, Stefan Vogenauer. V & R 2023. (Open Access)



LISA LAUSCHT INS ALL

TEXT: AENEAS ROOCH

56

Die größte astronomische Beobachtungsstation ist so groß, dass sie nicht auf die Erde passt: Sie heißt Lisa und wird es wahrnehmen können, wenn eine Strecke von 2,5 Millionen Kilometern gerade mal um einen Atomdurchmesser schrumpft. Forschende des Max-Planck-Instituts für Gravitationsphysik in Hannover und Potsdam haben den Detektor für Gravitationswellen mitentwickelt. Durch die Beobachtung kosmischer Wellen wollen sie Einblicke gewinnen in kuriose Vorgänge tief im Weltall.

Wenn man auf ein Trampolin steigt, beult sich das Sprungtuch aus und wippt auf und ab. Ähnliche Verzerrungen erschüttern auch unser Universum: Gravitationswellen. Sie stammen von sonderbaren Vorgängen in den Tiefen des Kosmos, rauschen mit Lichtgeschwindigkeit durch das Weltall und quetschen und dehnen alles, was ihnen in den Weg gerät, auf kleinsten Skalen. Wir können sie dabei weder sehen noch spüren. Forschende der Max-Planck-Ge-

sellschaft wollen besonders lange Wellen nachweisen und mit ihrer Hilfe die dunkle Vergangenheit unseres Universums, den Ursprung schwarzer Löcher und die Natur der Gravitation beleuchten.

Gravitationswellen sind unsichtbare Verzerrungen unserer Welt. Man kann sie sich nur schwer vorstellen, und dass es sie tatsächlich gibt, war umstritten. 1915 legte Albert Einstein eine Idee vor, wie Raum, Zeit und Gravitation zusammenhängen – seine berühmte allgemeine Relativitätstheorie –, und aus den Formeln, mit denen er diese Zusammenhänge beschrieb, lässt sich der Schluss ziehen, dass bestimmte Ereignisse im Universum Stauchungen und Streckungen in Raum und Zeit hervorrufen. Während Einstein selbst mutmaßte,


dass diese Gravitationswellen zu schwach seien, um gemessen werden zu können, hielten andere sie von vornherein für ein theoretisches Kuriosum, das zwar aus den Formeln herauspurzelt, dem aber keine realen Vorgänge entsprechen. Es hat einhundert Jahre gedauert, bis Gravitationswellen im Jahr 2015 tatsächlich direkt gemessen wurden.

Gravitationswellen entstehen unter anderem, wenn zwei schwarze Löcher in einem wilden Spiraltanz umeinander kreisen und miteinander verschmelzen. Schwarze Löcher drücken, so kann man es sich vorstellen, tiefe Dellen in ein imaginäres Tuch, in dem Raum und Zeit miteinander verwoben sind. Umkreisen sich die schwarzen Löcher im kosmischen Tanz, pflanzen sich Wellen durch die



WISSEN AUS

PHYSIK & ASTRONOMIE



Wie ein Wirbelwind: Zwei schwarze Löcher umkreisen sich (Bildmitte) und senden dabei Gravitationswellen aus. Dargestellt sind nur die besonders „lauten“ Wellen senkrecht zur Umlaufbahn. Noch ein Umlauf – und die Löcher verschmelzen im Bruchteil einer Sekunde miteinander. Die Simulation zeigt zweierlei: Waren die schwarzen Löcher noch weiter voneinander entfernt, sandten sie schwächere Gravitationswellen aus (grün) als kurz vor der Verschmelzung (orange).

Raumzeit fort und verzerren infolgedessen Abstände zwischen Objekten – so wie sich die Erschütterung beim Sprung auf ein Trampolin über das gesamte Sprungtuch ausbreitet und es vibrieren lässt. Obwohl sie von gigantischen Massen verursacht werden, sind die Verzerrungen selbst äußerst schwach und werden umso schwächer, je weiter entfernt die Quelle liegt: Wenn zwei schwarze Löcher von der Masse einiger Sonnen in einer fernen Galaxie Gravitationswellen losretzen, stauchen diese den Abstand zwischen Erde und Sonne, immerhin rund 150 Millionen Kilometer, gerade einmal um etwa ein Millionstel des Haardurchmessers.

Extrem präzise

Um solche winzigen Längenänderungen zu bemerken, müssen trickreiche Messmethoden her, denn selbst ein unvorstellbar filigranes Präzisionslineal wäre noch zu ungenau. Eine Möglichkeit, Gravitationswellen zu vermessen, ist ein Laserstrahl, der durch eine kilometerlange Röhre geschickt und unterwegs geteilt wird. Eine Hälfte reist weiter, die andere wird in eine senkrecht abzweigende Röhre geleitet, und beide Hälften werden jeweils an einem Spiegel am Ende der Röhren reflektiert. Wälzt sich nun eine Gravitationswelle durch unser Sonnensystem, die den Raum in die eine Richtung streckt und senkrecht dazu staucht, so verlängert sich die Strecke, die der Laserstrahl in der einen Röhre zurücklegt, während sich die andere verkürzt. Die Lichtwellen in den beiden Röhren schwingen nicht mehr im Takt. Überlagert man sie, bemerkt man diese Diskrepanz in einem Interferenzmuster. Die zarte Stauchung des Raums mit überlagerten Laserstrahlen aufzuspüren, ist ein kompliziertes Unterfangen – schon die Erschütterung eines Lastwagens, der über die nächste Straße donnert, würde die Messung unbrauchbar machen –, doch 2015 ist es Forschenden der Ligo Scientific Collaboration, darunter mehrere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Gravitationsphysik, erst-

mals gelungen. Allerdings laufen viele Gravitationswellen noch immer unbemerkt an uns vorbei. So ähnlich, wie sich das Licht aus elektromagnetischen Wellen verschiedener Wellenlängen zusammensetzt, bilden auch



FOTO: THOMAS DAMM

Auge fürs Detail: Guido Müller ist Spezialist, wenn es darum geht, extreme Ereignisse im All aufzuspüren, für die herkömmliche Teleskope blind sind.

Gravitationswellen ein Spektrum. Die Laserinterferometer am Boden können lediglich Gravitationswellen mit kurzen Perioden einfangen, lange Gravitationswellen sind bisher noch nicht messbar. Erstens sind sie schlicht zu lang: Man bräuchte einen Messaufbau, der größer ist als die Erde, ähnlich den riesigen Antennen, die lange Funkwellen empfangen. Und zweitens stört das Grummeln und Knirschen aus dem Inneren der Erde: Das schwache Vibrieren des Raumes geht in den Betriebsgeräu-

schen unseres Planeten schlichtweg unter.

Seit Anfang des Jahres 2024 ist es gewiss: Eine außergewöhnliche Messeinrichtung namens Laser Interferometer Space Antenna, kurz Lisa, soll in etwa zehn Jahren als Mission der Europäischen Weltraumorganisation (Esa) ins All starten und dort auch Gravitationswellen mit längeren Perioden einfangen. Lisa wird aus drei Satelliten bestehen, die einen Abstand von etwa 2,5 Millionen Kilometern zueinander einhalten und in dieser Dreiecksformation auf einer erdähnlichen Umlaufbahn um die Sonne kreisen. Zum Vergleich: Die Satelliten sind voneinander etwa sechsmal so weit entfernt wie der Mond von der Erde. Jeder Satellit führt zwei kleine, frei schwebende Metallwürfel in seinem Inneren mit sich, jeweils etwas größer als ein Päckchen Frischhefe und rund zwei Kilo schwer. Das Satellitentrio und die Testmassen darin sollen das zarte Zittern des Raumes spüren, das Gravitationswellen verursachen. Die Gold-Platin-Legierung der Würfel lässt sich von Magnetfeldern kaum beeinflussen, und wenn Sonnenwinde auf die Satelliten einströmen oder das Sonnenlicht mit seiner Strahlung drückt, steuern die Satelliten feinfühlig gegen, sodass als einzige Kraft auf die Würfel immer nur die Gravitation einwirkt. Wenn eine lange Gravitationswelle durch unser Sonnensystem rauscht, dann staucht sie, je nach Ursprung, den Abstand von 2,5 Millionen Kilometern um den Durchmesser eines Atoms oder gar eines Bakteriums. Diese winzige Längenänderung lässt sich im Labor relativ einfach messen, im Weltall jedoch und bei diesen Entfernungen ist es deutlich diffiziler.

Für die Messung tauschen die Satelliten untereinander Laserstrahlen aus und informieren sich so gegenseitig, nach einer Vielzahl trickreicher Schritte, über die Position der Würfel zueinander. Nur so kann enthüllt werden, wenn eine Gravitationswelle den Abstand zwischen den frei schwebenden Würfeln für einen Moment streckt oder staucht. Drei in diesem Satelliten-

dreieck ausgetauschte Laserstrahlen bilden gewissermaßen drei eigenständige, zweiseitige Laserinterferometer, die gleichzeitig die Ohren spitzen.

Diese Laserstrahlen kann man allerdings nicht übereinanderlegen – wie dies die Interferometer auf der Erde tun –, weil sie sich auf ihrem Weg von einem Satelliten zu einem anderen kilometerweit auffächern und nur ein winziger Bruchteil von ihnen beim jeweils gegenüberliegenden Satelliten durch die tellergroße Öffnung des Teleskops gelangt. „Wir schneiden aus einem zehn Kilometer breiten Lichtstrahl dreißig Zentimeter aus“, schildert Guido Müller, der als Direktor am Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik in Hannover die Messinstrumente für Lisa entwickelt. „Es ist enorm anspruchsvoll, mit diesem schwachen Laserlicht Interferometrie zu betreiben.“ Nachdem das Signal mit extremer Genauigkeit vermessen und Störungen und Fluktuationen herausgefiltert wurden, wird es in jedem Satelliten aufwendig überlagert und verrechnet. „Mit der klassischen Interferometrie, bei der man zwei Lichtwellen überlagert und ein Muster sehen kann, hat das allerdings nur noch wenig zu tun“, sagt Guido Müller. „Das ist Interferometrie hoch zehn.“ Und es braucht Zeit, um so eine filigrane Messmethode zu entwickeln. Die Idee hierfür hatte Karsten Danzmann, ebenfalls Direktor am Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik in Hannover, schon vor mehr als dreißig Jahren.

Das Instrument wird von der Nasa, der Esa und verschiedenen Esa-Mitgliedstaaten gebaut. Das Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik hat dabei die Verantwortung für das interferometrische Detektionssystem übernommen und unterstützt die Mission und die Esa bei vielen Fragen rund um das Systemdesign. „Auf dem Papier ist das alles einfach“, findet Guido Müller, „die Herausforderung ist allerdings, dass es auch später im Weltall funktioniert.“ Die Techniktests in Hannover gestalten sich dabei schwieriger, als es der Livebetrieb im

Weltall später zu werden verspricht, wo kein Erdrumpeln und keine heftigen Temperaturschwankungen stören. Dass die Technik filigrane Längenänderungen aufspüren kann, wurde mit der Vorgängermission Lisa



FOTO: SVEN DÖRING

Aufregende Mathematik: Alessandra Buonannos Berechnungen verraten überhaupt erst, wonach Astrophysiker und Astrophysikerinnen im Datensalat suchen müssen.

Pathfinder im Weltall bereits bewiesen, „allerdings noch nicht auf dieser enormen Distanz von 2,5 Millionen Kilometern“, sagt Müller. „Wir tragen daher eine riesige Verantwortung – aber wenn wir nicht irgendetwas ganz Dummes übersehen haben, werden wir das hinbekommen.“

Gravitationswellen mit langen Perioden, wie sie Lisa erstmals aufspüren soll, stammen unter anderem von krassen Vorgängen in den Tiefen des Weltalls, etwa von besonders schweren schwarzen Löchern, jeweils Millionen Mal

so schwer wie unsere Sonne, die einander in einem trägen Tanz umkreisen, bis sie schließlich miteinander verschmelzen. Schwarze Löcher gehören schon als Einzelexemplare zu den spektakulärsten Objekten im Universum: In ihnen ist eine enorme Masse auf so winzigem Raum zusammengepresst, dass ihre Gravitation alles einfängt und verschluckt, was ihnen zu nahe kommt, sogar Licht. Einige schwarze Löcher entstehen, wenn Sterne mit einer vielfachen Masse der Sonne am Ende ihres Lebens in sich zusammenstürzen und dadurch eine ungeheure Masse auf engstem Raum zusammenquetschen. So extrem das auch ist – diese stellaren schwarzen Löcher sind ein Witz gegen ganz besonders massereiche schwarze Löcher, die Millionen bis Milliarden Sonnenmassen in sich tragen und im Zentrum vieler Galaxien sitzen. Wie diese gewaltigen Exemp-

→

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

Albert Einsteins allgemeine Relativitätstheorie sagt Gravitationswellen voraus, die entstehen, wenn sich etwa schwarze Löcher eng umkreisen oder verschmelzen.

Gravitationswellen von Neutronensternen oder schwarzen Löchern mit der Masse schwerer Sterne haben relativ kurze Perioden und konnten 2015 erstmals von der Erde aus nachgewiesen werden.

Das Satellitentrio Lisa soll 2035 erstmals Gravitationswellen mit längeren Perioden messen, etwa von sich umkreisenden massereichen schwarzen Löchern, und so einen bisher unzugänglichen Teil des Universums erforschen.

Mit Lisa wollen Forschende besser verstehen, wie Galaxien sich entwickeln, aber auch dunkle Materie und dunkle Energie durch ein neues Beobachtungsfenster erfassen.

lare schwarzer Löcher entstanden sind, welche Rolle sie bei der Entwicklung von Galaxien spielen und wie sie so viel Masse anhäufen konnten, ist nicht abschließend geklärt.

Forscherinnen und Forscher des Max-Planck-Instituts für Gravitationsphysik in Potsdam wollen all das aus den besonders langen Gravitationswellen herausdestillieren. Ehe solche Gravitationswellen die Erde erreichen, sind sie Abermillionen Jahre unterwegs, sie gewähren den Forschenden also einen Blick in eine frühere, turbulente Phase des Universums, als vor vielen Milliarden Jahren Galaxien und deren zentrale schwarze Löcher

vermehrt auf Kollisionskurs gingen und durch die gegenseitige Schwerkraft umeinander wirbelten. Dass schwarze Löcher dabei verschmelzen, ist nur eine Erklärung dafür, wie schwarze Löcher in den Zentren der Galaxien so schwer werden. Einige dieser Massemonster wachsen zusätzlich um etwa eine Sonnenmasse pro Jahr, wenn Gas in einer Scheibe um sie herumströmt und auf sie fällt. Dadurch kommt auf kosmologischen Zeitskalen einiges zusammen. Lange Gravitationswellen liefern also nicht nur einen Zugang zu bislang kaum erforschten Bereichen des Universums, sondern helfen auch, die Evolution von Galaxien besser zu verstehen. Zu-

dem erlauben es die Messdaten, eine Inventur schwarzer Löcher durchzuführen und herauszufinden, wie viele von welchem Typ und welcher Masse es wo gibt.

Lisa werden auch andere Signale ins Netz gehen, etwa wenn sich ein superschweres schwarzes Loch einen ungleichen Partner einverleibt, dessen Masse etwa einem Millionstel seiner Masse entspricht – etwa ein schwarzes Loch mit der Masse eines einzelnen Sterns oder ein Neutronenstern. Bei solchen *extreme mass ratio inspirals* zieht sich der Fressvorgang hin: Das leichte Objekt trieselt Millionen Mal auf einer unregelmäßig elliptischen

Der aktuell größte Messapparat der Menschheit besteht aus drei Satelliten, die sechsmal so weit voneinander entfernt sind wie die Erde vom Mond. Das Trio Lisa umkreist die Sonne und tauscht ständig Laserstrahlen aus (hier rot). Wenn es im fernen Weltall rumpelt, etwa wenn zwei schwarze Löcher mit Millionen Sonnenmassen verschmelzen, entsteht eine Gravitationswelle. Erfasst die Welle die Satelliten, schaukelt sie diese um eine millionstel Haaresbreite. Das ist messbar.

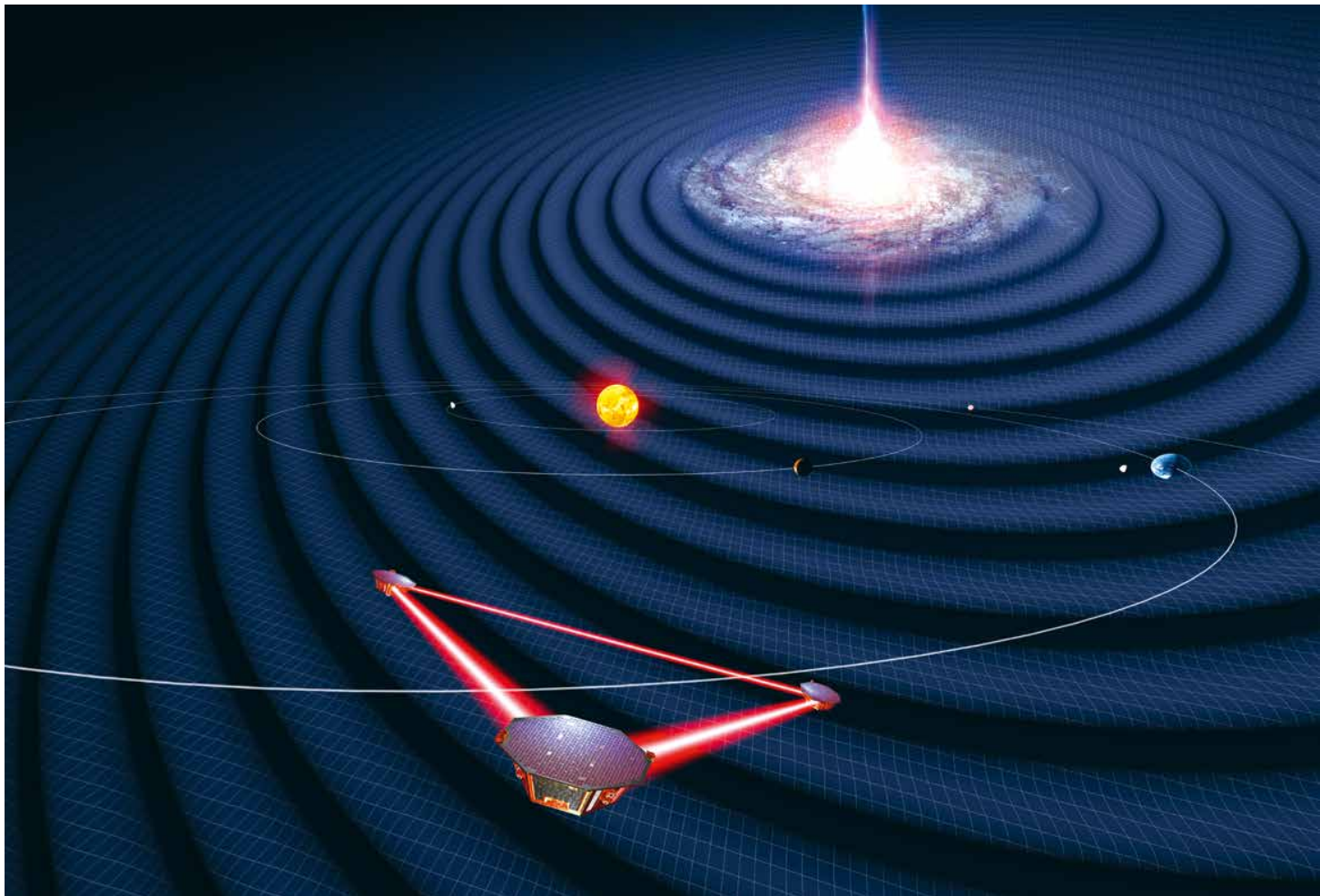
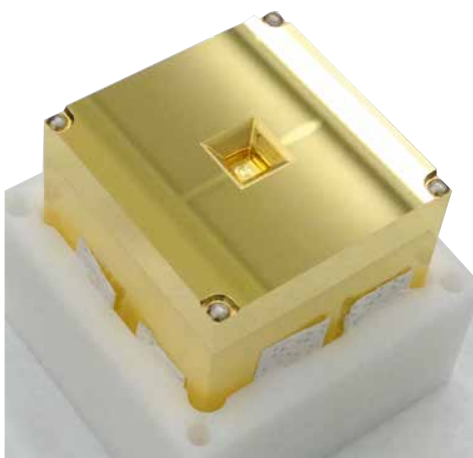


FOTO: ESA



Nur 4,6 Zentimeter Kantenlänge misst dieser Würfel aus Gold und Platin, er ist das Herzstück jedes Lisa-Satelliten. Schubst eine Gravitationswelle diesen Würfel nur um eine Atombreite zur Seite, schlägt ein ausgeklügeltes Lasersystem Alarm.

und sich immer wieder ändernden Bahn um das schwarze Loch herum. Obwohl die Gravitationssignale, die dieser Tanz aussendet, sehr komplex sind, untersuchen die Forschenden mit ihrer Hilfe, wie die Raumzeit um schwarze Löcher beschaffen ist, und prüfen Albert Einsteins Relativitätstheorie damit auf Herz und Nieren.

Was Lisa registrieren wird, ist nicht viel mehr als ein schwaches Zittern, und doch ist es ein Getöse unzähliger, einander überlagernder Wellen aus verschiedenen Richtungen und von ganz verschiedenen Vorgängen. „Wir wissen nicht, wie viele von diesen ungleichen Paaren es da draußen gibt. Wir wissen nicht, wie viele Paare aus zwei massereichen schwarzen Löchern existieren. Und wir wissen nicht, wie viele Gravitationswellen zudem noch als Hintergrundrauschen aus den Tiefen des Weltalls kommen“, sagt Alessandra Buonanno, Direktorin am Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik in Potsdam. Eine große Herausforderung ist beispielsweise der Lärm in unserer Milchstraße: Sie beheimatet unzählige Doppelsysteme von zwei weißen Zwergen, die lange Gravitationswellen aussenden und mit diesem ständigen Gemurmel die wesentlich leiseren Signale aus den Tiefen des Weltalls übertönen.

Alessandra Buonanno und ihr Team wollen in diesem chaotischen Chor Einzelstimmen auflösen, um einzelne Vorgänge im All sichtbar werden zu lassen. „Jede Quelle, ob Doppelsystem massiver schwarzer Löcher oder ein massives schwarzes Loch mit einem viel leichteren Begleiter, gibt charakteristische Gravitationswellen ab – es ist wie ein Fingerabdruck“, sagt Buonanno, „und wir können anhand von theoretischen Berechnungen und von Supercomputern vorhersagen, wie genau diese Fingerabdrücke aussehen.“ Sind sich die Forschenden sicher, welches Signal von welcher Quelle stammt, ziehen sie die vorausberechnete Schwingung direkt vom Gesamtsignal ab. Wenn sämtliche Prozesse bekannt sind, die Gravitationswellen verursachen, sollte am Ende vom Stimmengewirr nichts übrig bleiben. Und wenn doch, ist das eine weitere Aufgabe für die Astrophysik. „Damit prüfen wir, ob die allgemeine Relativitätstheorie auch hier vollumfassend stimmt oder ob sich eine neue Gravitationsphysik oder Phänomene auf tun, die wir noch nicht kennen.“

Unsichtbares wird messbar

Das ganze Unterfangen ist mathematisch herausfordernd. Wenn das Modell nicht stimmt, könnte das Signal, das die Potsdamer Forschenden berechnen haben, von dem tatsächlichen Gravitationswellensignal abweichen, das ein Paar schwarzer Löcher ausgesendet hat. Dann werden die Astrophysikerinnen und -physiker aus den Lisa-Daten nicht nur fehlerhafte Schlüsse über dieses Paar und sein Verhalten ziehen, sondern auch rechnerische Artefakte produzieren, wenn sie die prognostizierte Gravitationswelle vom Datenstrom subtrahieren. Es bliebe ein Signal, das als Abweichung von der allgemeinen Relativitätstheorie fehlgedeutet werden könnte. Eine präzise Vorausberechnung der Schwingungen, die Lisa empfangen wird, ist folglich entschei-

dend dafür, sie richtig zu deuten. Fast alles im Universum, mehr als 95 Prozent, sendet weder Licht noch sonstige elektromagnetische Strahlung aus und wird als dunkle Materie und dunkle Energie gehandelt. Was wir über den unsichtbaren und stummen Anteil der dunklen Materie wissen, ist lediglich, dass es ihn gibt und dass er der Schwerkraft unterworfen ist. Lisa könnte winzige Effekte in den Gravitationswellen aufspüren, die auf die dunkle Materie zurückgeführt werden könnten. Das Satellitentrio soll auch unabhängig von bisherigen Teleskopen messen können, wie schnell sich das Universum ausdehnt und wie viel dunkle Energie dafür nötig ist – und damit möglicherweise Rätsel lösen oder neue aufwerfen. „Lisa hat das Zeug, unser Verständnis des Universums zu revolutionieren“, meint Alessandra Buonanno. Indem sie und andere Forschende mit Lisa lange Gravitationswellen entschlüsseln, eröffnen sie ein neues Beobachtungsfenster in einen dunklen Teil des Universums und machen Unsichtbares sichtbar, zumindest auf den Bildschirmen in ihren Laboren. ←

61

GLOSSAR

INTERFERENZ entsteht, wenn zwei Wellensysteme, egal ob Licht-, Wasser-, oder Schallwelle, sich überlagern. Liegen die Wellenberge und -täler übereinander, verstärkt sich die Intensität der Schwingung. Sind die Wellen um eine halbe Wellenlänge gegeneinander verschoben, löschen sie sich gegenseitig aus.

LASERINTERFEROMETRIE ist ein Verfahren zur Vermessung kleinster Abstandsänderungen. Überlagert man zwei Laserstrahlen identischer Wellenlänge, führt dies zu einem Interferenzmuster, das etwa charakteristisch für den Gangunterschied beider Wellen ist. So lassen sich kleinste Abstandsänderungen zweier Laserquellen zueinander messen.

Der Blaue Fadenmaulbrüter (*Ophthalmotilapia ventralis*) kommt ausschließlich im Tanganjikasee vor, wo er entlang des Ufers lebt. Das Weibchen legt seine Eier zunächst in eine vom Männchen vorbereitete Grube im Sand und nimmt sie dann mit dem Maul auf, um sie auszubrüten. Schnappt das Weibchen nach den an Eier erinnernden Flecken auf den verlängerten Bauchflossen des Männchens, stößt dieses sein Sperma aus, und die Eier werden befruchtet. Das Weibchen behält sie bis zum Schlupf der Jungen im Maul – da sind sie vor Feinden geschützt.



BARSCHE TREIBEN'S BUNT

TEXT: CARLA AVOLIO

Der Tanganjikasee in Ostafrika ist vor zehn Millionen Jahren entstanden und hat eine enorme Artenvielfalt hervorgebracht. Seit Jahrzehnten pilgern deshalb Forschende zu seinen Ufern. Auch für Alex Jordan vom Max-Planck-Institut für Verhaltensbiologie in Konstanz ist der See ein Paradies. Mithilfe moderner Technik will er das Verhalten der Buntbarsche des Tanganjikasees analysieren.

Die Afrikanischen Großen Seen – neben dem Tanganjikasee etwa auch der Malawi- und der Victoriasee – gehören zu den ältesten Seen der Erde. Die Evolution hat die Zeitspanne seit ihrer Entstehung genutzt und eine Fülle an Arten hervorgebracht. Ganz besonders artenreich ist eine Familie kleiner Fische, die als Buntbarsche bekannt sind. Mehr als 250 Buntbarscharten leben heute im Tanganjikasee, jede von ihnen in einer eigenen ökologischen Nische. Wegen ihres Artenreichtums werden die Seen auch als „Darwins Traumteiche“ bezeichnet. Für die Wissenschaft sind sie Parade-

beispiele für die Entstehung neuer Arten und deshalb ein Ziel für all jene, die diese Entstehungsgeschichte verstehen wollen.

Seit Jahren versuchen Forschende, die komplexen Wege der Evolution zu entschlüsseln, die zu der spektakulären Vielfalt der Buntbarsche geführt haben. Viele beschreiben die Farbmuster der Fische oder analysieren Veränderungen im Körperbau. In gewisser Hinsicht setzt Alex Jordan diese Tradition fort. Allerdings untersucht er keine Knochen – er untersucht Verhalten. „Tanganjikasee-Buntbarsche besitzen das vielfältigste Verhalten aller Buntbarsche, vielleicht sogar aller Fische“, sagt der Gruppenleiter am Konstanzer Max-Planck-Institut. Manche der Arten sind Einzelgänger, andere leben in festen Familiengruppen mit Geschwistern und Cousins, die bei der Aufzucht der Jungen helfen. Jede Art drückt darüber hinaus Aggression, Unterwerfung und Kooperation anders aus: Der Tanganjika-Schnecken-

barsch scheint zu brüllen, sobald er mit einem Rivalen konfrontiert wird, während der Große Fadenmaulbrüter wie in einem Tanz herrliche Farben aufblitzen lässt, um Eindringlinge abzuschrecken.

Für Alex Jordan ist die Vielfalt an Verhaltensweisen der Buntbarsche so faszinierend wie die Vielfalt an Arten. Doch auf welche Weise das Verhalten der Fische entstanden ist, das ist bislang kaum bekannt. Hier mehr Klarheit zu schaffen, ist ein Ziel des Verhaltensökologen: „Wir wollen die unterschiedlichen Verhaltensweisen der Fische messbar machen, damit wir das Verhalten der einzelnen Arten vergleichen können.“

Zunächst einmal müssen sich die Forschenden aber eine scheinbar simple Frage stellen: Was ist eigentlich eine Verhaltensweise? Eine Definition besagt, dass das Verhalten eines Lebewesens jede seiner beobachtbaren Bewegungen umfasst. Ein zentrales Pro-





Alex Jordan (vorne) untersucht die Buntbarsche des Tanganjikasees mit seinem Team am liebsten in ihrem natürlichen Lebensraum. Nur dann erschließt sich ihm die ganze Vielfalt ihres Verhaltens, denn der Austausch mit Artgenossen und anderen Fischarten sowie diverse Umweltfaktoren bestimmen maßgeblich, wie ein Fisch sich verhält.

64

blem ist die richtige Interpretation der Funktion der einzelnen Verhaltensweisen. Nehmen wir als Beispiel diejenigen, die Alex Jordan untersucht. Einige – wie etwa der Bau eines Nestes zur Aufzucht der Jungen, die sorgfältige Pflege einer Balzlaube oder auch die verschiedenen Fütterungsmethoden – dienen einem klar erkennbaren Zweck. Aber es gibt auch Verhaltensweisen, deren Bedeutung sich uns Menschen nicht erschließt. Genau diese faszinieren Jordan. „Zu den komplexesten und interessantesten Verhaltensweisen gehört zum Beispiel das Sozialverhalten. Von diesem Austausch zwischen den Individuen einer Art sind wir Menschen jedoch ausgeschlossen – wir können deshalb die zugehörigen Verhaltensweisen nicht korrekt interpretieren.“

Expedition in die Wildnis

Zweimal im Jahr macht sich Jordans Team auf die viertägige Reise von Konstanz an das sambische Ufer des Tanganjikasees. In dem Gewässer wollen die Forschenden die Verästelungen untersuchen, in die sich das Verhalten der Buntbarsche auffächert – ein ehrgeiziges Unterfangen, aber das Konzept dafür ist ganz einfach: Zunächst will das Team die gesamte

Bandbreite des Verhaltens eines Tieres messen – einst eine unmögliche Aufgabe, heute aber dank moderner Technologie zur Bewegungsanalyse durchaus machbar. „Schwieriger als das ist es, die Technik überhaupt an diesen entlegenen Ort zu transportieren und die Bewegungen der Fische unter Wasser aufzuzeichnen“, erklärt Jordan.

Bevor die Forschenden das Sozialverhalten der einzelnen Arten untersuchen und miteinander vergleichen können, müssen sie wissen, was die Verhaltensweisen ausmacht und wozu diese dienen. Jordan vergleicht das Problem mit dem eines Paläontologen, der ein Sammelsurium aus Knochen in Kisten aus der Ferne erhält: „Ohne ein klares Bild davon zu haben, wann, wo und warum dieses Verhalten auftrat, kann es passieren, dass wir unwissentlich einen Brontosaurus aus den Knochen eines T-Rex zusammenbauen.“ Jordan ist sich dieses Problems bereits seit dem Beginn seiner wissenschaftlichen Laufbahn bewusst. „Schon mein Doktorvater hat mich gewarnt, dass Verhalten eine schwer zu fassende Angelegenheit ist.“ Seitdem versucht er, sie in den Griff zu bekommen. Im Jahr 2019 sorgten Jordan und seine Kollegen von der Osaka City University für Aufsehen, als sie nachwiesen, dass Putzerfische den sogenannten Spiegeltest bestehen – einen

Test, der seit Jahrzehnten als ein Hinweis auf die Selbstwahrnehmung nichtmenschlicher Tiere gilt. Bis zu diesem Zeitpunkt hatten nur einige Säugetiere und Krähen den Spiegeltest bestanden. „Das Ergebnis hat alle überrascht und der Frage nach Bewusstsein bei anderen Tieren als dem Menschen neue Bedeutung verliehen“, sagt der Wissenschaftler.

Gleichzeitig stellten sich dem Forscher neue Fragen. Dass ein Fisch den Spiegeltest besteht, ohne ansonsten Anzeichen von Selbstwahrnehmung zu zeigen, macht, Jordans Meinung nach, deutlich, dass scheinbar gleichartige Verhaltensweisen unterschiedliche Ursachen und Funktionen haben können. Ein Fisch und ein Schimpanse bestehen beide den Spiegeltest, aber laut Jordan bedeutet das nicht dasselbe: „Das Problem ist, dass wir nicht wissen können, aus welchem Grund die Tiere den Fleck entfernen. Der Schimpanse könnte zum Beispiel eine innere Vorstellung davon besitzen, wie er aussehen sollte, während der Fisch vielleicht nur einen Parasiten entfernen möchte – oder andersherum.“

Die Doktorandin Mariana Rodriguez aus Jordans Team hat 2020 herausgefunden, dass Dominanz eine Rolle bei der sozialen Beeinflussung spielt. Sie brachte Buntbarschen (*Astatotilapia*

**AUF DEN PUNKT
GEBRACHT**

Im Tanganjikasee hat die Evolution eine große Zahl unterschiedlicher Arten von Buntbarschen hervorgebracht, die sich nicht nur äußerlich, sondern auch in ihrem Verhalten unterscheiden.

Die Forschenden untersuchen das Verhalten der Fische in deren natürlichem Lebensraum, um das ökologische und das soziale Umfeld der Tiere besser berücksichtigen zu können.

Der Einsatz künstlicher Intelligenz soll helfen, einen Atlas der verschiedenen Verhaltensweisen der Buntbarsche zu erstellen, ohne dass eigene Vorannahmen die Erfassung beeinflussen. So wollen die Forschenden herausfinden, wie die Verhaltensweisen im Laufe der Evolution entstanden sind.

burtoni) bei, anhand von Lichtsignalen vorherzusagen, wo es etwas zu fressen geben würde. Kamen diese Tiere danach in eine neue Gruppe, lernten die dominanten männlichen Fische aus dieser Gruppe zwar diese Fähigkeit von den Neulingen, und sie konnten den anderen Gruppenmitgliedern auch vorführen, wie die Aufgabe zu lösen war, aber sie waren da-

bei nicht so effektiv wie untergeordnete Männchen. Verhaltensanalysen von Doktorand Paul Nührenberg ergaben allerdings, dass dominante und untergeordnete Männchen die Lösung auf genau dieselbe Weise vorführen. Was also ist der Unterschied? „Wenn das dominante Männchen auf eine Futterbelohnung zustürmt, weichen alle anderen Fische aus, weil sie dies als bedrohliches Verhalten empfinden“, erklärt Jordan. „Wenn jedoch ein untergeordnetes Männchen das macht, reagieren die Artgenossen genau umgekehrt: Sie bleiben in seiner Nähe und lernen dadurch die Lösung schneller.“ Für Jordan ist dies ein weiterer Beweis dafür, dass ein und dasselbe Verhalten verschiedene, ja sogar entgegengesetzte Funktionen haben kann, je nachdem, wo, wann und wie es zum Ausdruck kommt. „Das macht evolutionäre Verhaltensvergleiche so schwierig.“ Und das umso mehr, je weiter wir uns im Stammbaum der Evolution vom Menschen entfernen, da uns die Form und die Funktion von Signalen immer fremder werden. „Als Menschen haben wir vielleicht ein intuitives Gespür dafür, was ein Affe oder ein anderes Säugetier ‚meint‘ oder ‚beabsichtigt‘, wenn es ein Verhalten ausführt, bei anderen Tieren versagt diese Intuition jedoch“, sagt Jordan. Der Flossenschlag eines Fisches oder eine schnelle Änderung der Augenfarbe sind Signale, die der Empfänger

unmittelbar versteht, für uns Menschen haben sie jedoch keine Bedeutung. Aber nur wenn wir diese Signale richtig verstehen, sind wir in der Lage, das Verhalten zwischen Arten miteinander zu vergleichen: Was ist gleich, was ist anders, und wie können wir als externe Beobachter diese Unterscheidung treffen?

**Distanziertes
Verhältnis**

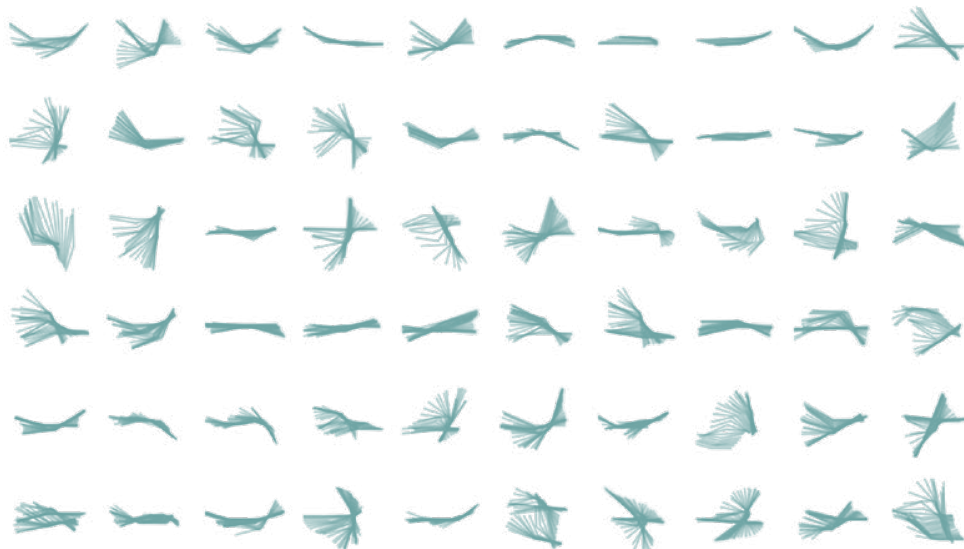
Andererseits könnte die evolutionäre Distanz weniger ein Hindernis als vielmehr der Schlüssel zur Lösung sein: wenn sie uns eine objektivere Sicht ermöglicht. „Vielleicht bietet uns gerade das, was uns am schwersten fällt, die größte Chance, Verhaltensweisen zu verstehen, die wir selbst nicht haben. Dafür müssen wir allerdings noch genauer hinschauen, um das, was wir nicht verstehen, besser interpretieren zu können.“

Helfen soll dabei moderne Technik. Dank künstlicher Intelligenz kann Jordans Team die Körperhaltungen, Bewegungen und Interaktionen der Buntbarsche in ihren natürlichen Lebensräumen verfolgen, analysieren und alle Verhaltensweisen eines Individuums beschreiben. „Dies ist ein sehr wichtiger Schritt auf dem Weg, zu verstehen, wie die Evolution das

65



GRAFIK: PAUL NÜHRENBERG



Die Einzelbilder zeigen die zu einem Verhaltens-element gehörenden Körperhaltungen, die die Forschenden zuvor im See gefilmt haben. Ziel ist, alle Verhaltensweisen verschiedener Arten zu digitalisieren und die Beziehungen zwischen den daran beteiligten Individuen zu analysieren.

Verhalten geformt hat. Allerdings befinden wir uns damit immer noch im Stadium der Katalogisierung“, sagt Jordan. Zusätzlich müssen die Forschenden das soziale und das natürliche Umfeld berücksichtigen, in denen eine Verhaltensweise auftritt. Jordan glaubt, dass ihn diese Methode der Perspektivenübernahme weiterbringen kann: „Wir wollen das Verhalten von Fischen oder anderen Tieren nicht in menschliche Begriffe übersetzen; vielmehr wollen wir ihre Erfahrung und ihre Wahrnehmungen berücksichtigen. Auf diese Weise übernehmen wir die Perspektive der Tiere.“

Reale und virtuelle Fische

Dafür sind jedoch völlig neue Herangehensweisen erforderlich. Auf der letzten Expedition an den Tanganjikasee führte Jakob Gübel aus Jordans Team einen Kasten mit gewölbter Glasfront mit sich, der dem immensen Wasserdruck in den Tiefen des Sees standhalten konnte. Darin befand sich, sicher und trocken, ein Tablet. Auf dem Bildschirm schwamm ein virtueller Buntbarsch – für einen Menschen optisch kaum von einem echten Fisch zu unterscheiden. „Aber wir sind auch nicht das Zielpublikum“, sagt Alex Jordan lächelnd. „Mit diesem kleinen Fisch verwandeln wir

die Buntbarsche von Studienobjekten in wissenschaftliche Mitarbeiter.“ Während er die Animation eines förmlich tanzenden und mit dem Schwanz schlagenden Fisches abspielt, erklärt der Wissenschaftler: „Mit diesem Verhalten könnte das Tier, je nach Gegenüber, eine Bedrohung oder eine Einladung zur Paarung signalisieren. Vielleicht reagiert es aber auch auf einen Quallenstich. „Ich will, dass die Fische selbst uns sagen, was das Verhalten bedeutet.“

Alex Jordan und sein Team wollen für jede Buntbarschart einen Verhaltensatlas erstellen und dann die Funktion jeder einzelnen Verhaltensweise bestimmen. Manche davon sind neu entstandene, artspezifische Verhaltensweisen, andere sind evolutionär älter und werden von allen Arten benutzt, wieder andere treten je nach Art in unterschiedlichen Ausprägungen auf, erfüllen aber trotzdem dieselbe Funktion. Die Technik soll den Menschen mit seinen womöglich verzerrenden Vorannahmen aus dem Spiel nehmen.

Technologische Lösungen allein reichen Jordan zufolge jedoch für das Verständnis von Verhaltensweisen nicht aus. Sie können diese auch nicht in menschliche Sprache übersetzen. Er möchte die Technik vielmehr nutzen, um grundlegende Erkenntnisse über die Evolution des Verhaltens zu ge-

winnen. „Und wenn diejenigen, die im Besitz der Antworten auf meine Fragen sind, in einem Tausende von Kilometern entfernten See leben, dann nehmen wir eben das nächste Boot und kommen zu ihnen.“ Da es auf der Erde mehr Fischarten gibt als alle anderen Wirbeltierarten zusammengekommen, werden Alex Jordan und sein Team wohl noch eine ganze Weile unter Wasser unterwegs sein.

←

PUTZERFISCH IM SPIEGELTEST

In dem Test haben die Forschenden einem Putzerlippfisch (*Labroides dimidiatus*) einen Farbfleck unter dem Kiefer platziert – an einer Stelle also, die das Tier selbst nicht sehen konnte, und auf eine Weise, dass das Tier es nicht bemerkte. Danach setzten sie einen Spiegel ins Becken.

Als der Fisch verstanden hatte, dass er keinen Rivalen vor sich hatte, verhielt er sich sehr ungewöhnlich: Er schwamm aufrecht, drehte sich um die eigene Achse und rieb seinen Kiefer über den Sandboden, als wollte er den Fleck entfernen.

Er hatte also gelernt, dass er im Spiegel sein Abbild sah.

66

Tapferer Fisch: Der Tanganjikasee ist auch die Heimat von *Telmatochromis vittatus*. Der acht Zentimeter große Buntbarsch lebt in der Nähe des Seesufers und nutzt Fels- und Geröllspalten als Verstecke. In der Brutzeit verteidigt das Männchen das Territorium.



FOTO: JAKOB GÜBEL

FORSCHUNG LEICHT GEMACHT

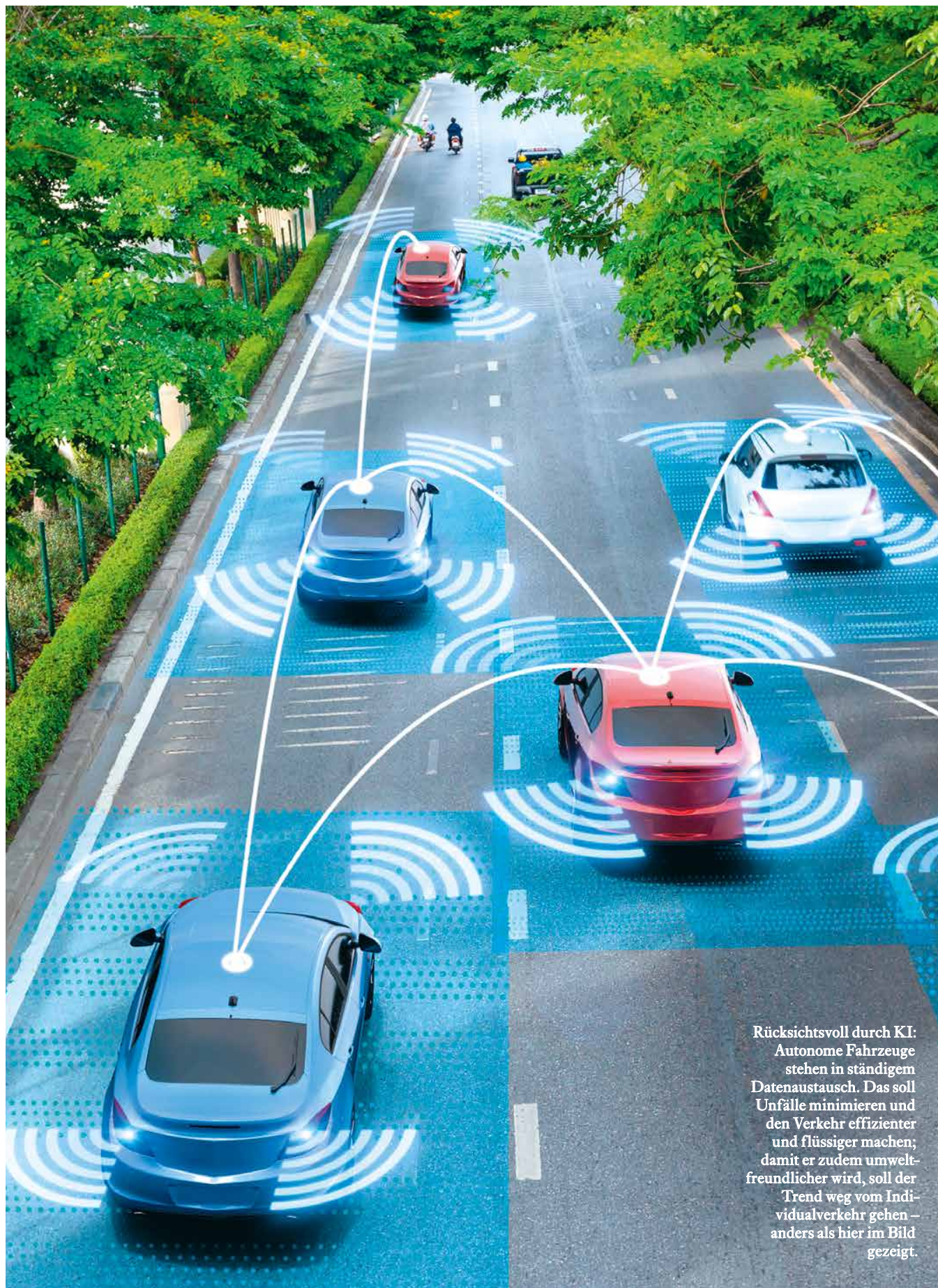
Das Magazin der Max-Planck-Gesellschaft als **ePaper**:

www.mpg.de/mpf-mobil

www.mpg.de/mpforschung

KOSTENLOS
DOWNLOADEN!





68

BILD: SHUTTERSTOCK/SUWIN66

Rücksichtsvoll durch KI: Autonome Fahrzeuge stehen in ständigem Datenaustausch. Das soll Unfälle minimieren und den Verkehr effizienter und flüssiger machen; damit er zudem umweltfreundlicher wird, soll der Trend weg vom Individualverkehr gehen – anders als hier im Bild gezeigt.

AUTOS MIT INNEREN WERTEN

TEXT: THOMAS BRANDSTETTER

Die ersten selbstfahrenden Autos sind bereits im Einsatz. Allerdings ist bisher weder die Technik ausgereift, noch sind alle ethischen Fragen dazu geklärt. Außerdem ist es höchste Zeit, darüber nachzudenken, wie die neue Technologie künftig zu mehr Nachhaltigkeit im Verkehr beitragen kann.

Weniger Unfälle, nachhaltigere Mobilität und mehr Komfort – die Erwartungen an eine Mobilitätswende durch autonome Fahrzeuge sind groß: Sie sollen den Verkehr sicherer und nachhaltiger machen und dürften allen, die das Autofahren als lästig und nervenaufreibend empfinden, auch bequemer erscheinen. In Deutschland sind zwar noch keine fahrerlosen Autos auf den Straßen anzutreffen, doch der Trend scheint unaufhaltsam. Während in San Francisco eine autonome Flotte der Google-Schwesterfirma Waymo Praxistests absolviert, hat sich in Hamburg die Hochbahn AG als Betreiberin des öffentlichen Nahverkehrs die Sache zu eigen gemacht. Gemeinsam mit dem On-Demand-

Dienst Moia sowie den Fahrzeugherstellern Holon und VW planen die Hamburger, ihren Fuhrpark mit etwa eintausend Bussen bereits in den kommenden Jahren durch eine Flotte autonom gesteuerter Fahrzeuge zu ergänzen.

Auf dem Weg zum flächendeckenden Einsatz von Robotaxis gilt es allerdings noch einige Probleme zu lösen. So wirft eine autonom agierende Maschine, die im Straßenverkehr unter Umständen über Leben und Tod entscheiden muss, auch schwerwiegende ethische Fragen auf. Es wird wohl einer breiten gesellschaftlichen Diskussion darüber bedürfen, in welche Relation ein Fahrzeug etwa das Leben seiner eigenen Passagiere zu dem anderer Verkehrsbeteiligter stellen soll. Und auch der Nutzen der neuen Technologie für die Umwelt ist noch unklar. Die im Moment drängendsten Probleme sind aber immer noch Mängel der Technik. In San Francisco etwa häufen sich Beschwerden über fahrerlose Autos, die ohne einen

ersichtlichen Grund mitten auf den Straßen einfach stehen bleiben und beispielsweise Wege für Einsatzfahrzeuge blockieren.

„Für das autonome Fahren ist entscheidend, dass die Systeme lernen, auch komplexe Verkehrssituationen zu erkennen und daraus die richtigen Entscheidungen abzuleiten“, sagt Bernt Schiele, der sich als Direktor am Max-Planck-Institut für Informatik unter anderem mit Computer Vision befasst. Gemeinsam mit seinem Team hat er das KI-Modell MTR++ entwickelt, mit dem autonome Fahrzeuge effizienter darauf trainiert werden können, das Verhalten anderer Verkehrsbeteiligter einzuschätzen und dementsprechend zu reagieren. Damit haben die Forschenden bereits zweimal den ersten Platz der Motion Prediction Challenge von Waymo belegt – ein Wettbewerb, bei dem verschiedene KI-Systeme auf ein und demselben Datenset trainiert und danach ihre Vorhersagen verglichen werden. Kommen zum Beispiel mehrere

69



Mobilität für morgen:

Dieses vollelektrische On-Demand-Shuttle lässt während eines Testbetriebs im Juli 2021 die Hamburger Elbphilharmonie hinter sich.

Ein neu designtes Fahrzeug soll ab 2026 im Rahmen des Forschungsprojekts Alike je bis zu 15 Personen an ein Ziel ihrer Wahl bringen – ab 2030 auch ohne Fahrer.



FOTO: HOCHBAHN

70

Fahrzeuge aus unterschiedlichen Richtungen auf eine Kreuzung zu, ergibt sich eine Vielzahl von Möglichkeiten, wer wann in welche Richtung abbiegt und welche Bahn ein Fahrzeug dabei genau verfolgt. „In so einer Situation stehen alle Beteiligten miteinander in Beziehung und beeinflussen sich gegenseitig“, sagt Schiele. „Um die Systeme darauf zu trainieren, setzen wir deshalb auf Transformermodelle, die so ähnlich arbeiten wie jene, die auch hinter den großen Sprachmodellen stecken.“

Grundsätzlich basiert die künstliche Intelligenz (oder genauer: das maschinelle Lernen, wie es Schieles Arbeitsgruppe verwendet) darauf, dass sich künstliche neuronale Netze, die durchaus Parallelen zu biologischen Nervensystemen aufweisen, anhand großer Mengen von Trainingsdaten so lange selbst optimieren, bis sie schließlich die Zusammenhänge erkennen und zuverlässig die richtigen Ergebnisse liefern. Für die jüngsten,

beeindruckenden Leistungen von Chat-GPT und Co. wurde dieses Konzept noch um die Fähigkeit erweitert, Dinge auf effiziente Weise miteinander in Beziehung zu setzen. Wo ihre Vorgänger Sätze noch Wort für Wort analysieren mussten, um die Strukturen menschlicher Sprache zu ergründen, erlaubt es die Transformerarchitektur den neuen Sprachmodellen, ganze Sätze auf einmal zu betrachten. Dabei stellt der Transformer für alle Wörter gleichzeitig fest, wie stark sie zueinander in Beziehung stehen. Der Algorithmus lernt so, was einzelne Worte im Kontext bedeuten. Diese erst 2017 erfundene Methode hat nicht nur die Welt der Computerlinguistik auf den Kopf gestellt, sondern auch Einzug in das computerbasierte Sehen gehalten. Denn so wie die Bedeutung eines Wortes davon abhängt, wie es in einen Satz eingebettet ist, wird auch das Verhalten derer, die am Verkehr teilnehmen, von der Gesamtsituation bestimmt. Dazu analysieren die Systeme unterschiedliche

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

Die Technik selbstfahrender Autos ist noch nicht ausgereift. Wissenschaftler wie Iyad Rahwan erforschen zudem, wie KI im Straßenverkehr Menschenleben priorisieren soll und wie Vertrauen in diese Technologie entsteht.

Menschen vertrauen eher, wenn nachvollziehbar ist, warum die KI welche Entscheidung trifft. Bernt Schiele entwickelt daher neuronale Netze, die komplexe Verkehrssituationen besser erkennen und interpretieren.

Autonome Fahrzeuge könnten den Verkehr sicherer machen. Umweltfreundlicher machen sie ihn nur unter bestimmten Bedingungen, etwa wenn On-Demand-Shuttles den Individualverkehr reduzieren.

Verkehrssituationen und versuchen, das Verhalten der anderen Fahrzeuge zu verstehen. „Ein Sprachmodell liefert auf einen Prompt das nächste Wort eines Satzes“, erklärt Schiele. „Und unser System sagt auf die Eingabe, wo man selbst hinfahren möchte, die möglichen Bewegungsbahnen aller beteiligten Fahrzeuge an einer Kreuzung voraus.“

Dabei verarbeitet die KI alle Informationen über Fahrzeuge und Fahrbahn gleichzeitig. Daher ist das Training, verglichen mit früheren Methoden, bei denen die einzelnen Akteure im Straßenverkehr und ihre Relationen zueinander noch separat modelliert werden mussten, deutlich effizienter. „Wenn das alles zusammen passiert, lässt das dem Netzwerk beim Lernen viel mehr Freiheit. Und das macht den Lernprozess wesentlich mächtiger“, erklärt Schiele. „Allerdings weiß man dafür aber nicht mehr so ganz genau, wie das Netzwerk die Relationen modelliert hat.“ Die mangelnde Interpretierbarkeit ihrer Ergebnisse ist ein grundlegendes Problem künstlicher neuronaler Netze. Während bei klassischen Computerprogrammen Zeile für Zeile genau nachvollziehbar ist, wie der Code funktioniert und was er tut, kennt man beim maschinellen Lernen zwar die Algorithmen, die ein neuronales Netz trainieren, doch wie genau das

Netz, also das Modell, im Hintergrund zu seinem Ergebnis kommt, bleibt ihm weitgehend selbst überlassen. Die Trainingsdaten geben gewissermaßen das Ergebnis vor, und der KI-Algorithmus optimiert eine hochkomplexe Funktion mit vielen Parametern. Ziel ist es, das Training so geschickt zu gestalten, dass das Modell auch im Anwendungsfall gute Ergebnisse liefert.

Erklärbare Entscheidungen

Für einfache Klassifikationsaufgaben funktioniert das zwar sehr gut, und ein neuronales Netz kann lernen, was etwa ein Fahrrad ausmacht, wenn es nur genügend unterschiedliche Bilder von Fahrrädern gesehen hat. Doch manchmal läuft während des Trainings auch etwas schief, und das Netz stützt die Klassifikation nicht auf das eigentliche Objekt, sondern auf andere Bildinhalte, die damit in Zusammenhang stehen. „In einer unserer Analysen haben wir zum Beispiel festgestellt, dass ein System Fahrräder manchmal nur deshalb gefunden hat, weil ein Mensch daraufsaß“, sagt Schiele. Solche Fehler, die auf Korrelationen mit anderen Bildinhalten basieren, sind bei herkömmlichen neuronalen Netzen nur schwer auf-

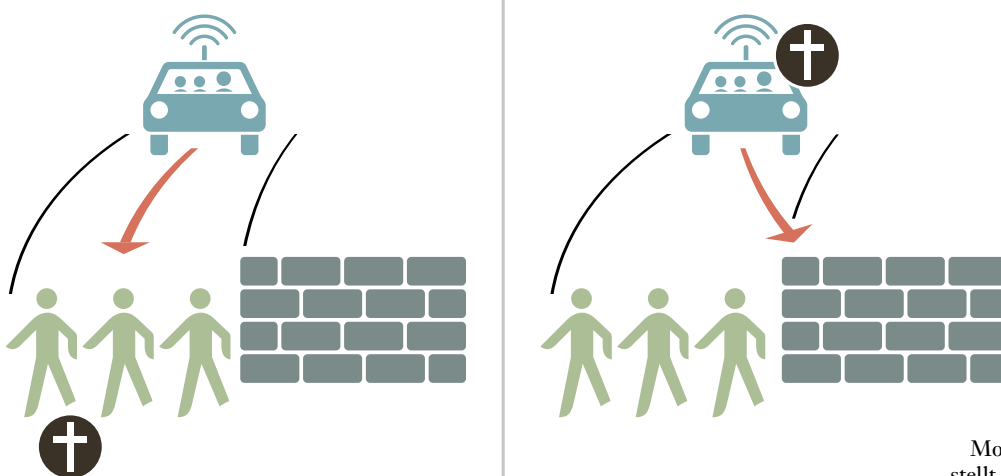
zudecken. „Das Ergebnis ist ja richtig, nur eben aus dem falschen Grund.“

Deshalb entwickeln Schiele und sein Team spezielle neuronale Netze, die auch eine Fehlersuche zulassen. „Aktuell werden Netzwerke vor allem auf möglichst hohe Leistungsfähigkeit getrimmt und nicht darauf, ihre Entscheidungen auch zu erklären“, sagt Schiele. Das neue System des Max-Planck-Instituts dagegen liefert als Ergebnis nicht nur, was es auf einem Bild zu erkennen glaubt, sondern zeigt zusätzlich genau an, welche Pixel des Bildes für diese Entscheidung relevant waren. So kann es dem User schon während des Betriebs seine Entscheidungen erklären. Und wenn es etwa Bildinhalte wie die Person auf dem Fahrrad hervorhebt, die nicht zum klassifizierten Fahrrad gehören, deutet das sofort auf ein Problem hin. So kamen die Forschenden auch einem weiteren unzureichend trainierten Netzwerk auf die Schliche, das eine Straße nur dann als solche erkannte, wenn ein Auto darauf fuhr. „Wenn wir das Auto aus dem Bild nehmen, hat das Netzwerk die Straße nicht mehr gesehen“, berichtet Bernt Schiele. Nur wenn Netze auch interpretierbar seien, ließen sich solche Fehler frühzeitig erkennen. „Oder es hilft zumindest im Nachhinein dabei, den Fehler aufzudecken, wenn etwas falsch gelaufen oder gar ein Unfall

71



GRAFIK: GCO NACH MORALMACHINE.NET



Moralisch eindeutig? In diesem Beispiel stellt die „Moral Machine“ Teilnehmende vor die Wahl: Soll eine KI das Auto mit zwei Kindern und einer erwachsenen Person an Bord in eine Gruppe von drei Erwachsenen lenken oder besser in die Wand?

passiert ist.“ Für Iyad Rahwan, den Direktor des Forschungsbereichs Mensch und Maschine am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, ist gerade das eine wichtige Voraussetzung für die Akzeptanz von autonomen Fahrzeugen. „Um bei den Menschen Vertrauen in diese neue Technologie zu erzeugen, ist es wichtig, dass wir die Autos fragen können, warum sie was getan haben“, sagt der Forscher, der sich in seiner Arbeit mit den ethischen Fragen am Schnittpunkt zwischen Computer- und Verhaltenswissenschaften beschäftigt. „Schließlich macht es ja einen Unterschied, ob ein Fahrzeug etwa einen Radfahrer einfach nicht gesehen hat oder ob es entschieden hat, ein gewisses Risiko einzugehen.“ Ersteres wäre ein rein technisches Problem, welches natürlich möglichst schnell behoben werden muss. Zweiteres könnte hingegen das Resultat einer Abschätzung der KI sein, ob sie den Schutz der eigenen Insassen über den anderer Beteiligter stellt.

72 Mit ihrer Plattform „Moral Machine“ haben Rahwan und sein Team die Szenarios, in denen eine KI im Straßenverkehr möglicherweise über Leben und Tod entscheiden muss, auf

die Spitze getrieben. An der Online-studie können alle teilnehmen, die Interesse haben. Darin fragen die Forschenden anhand vereinfachter, illustrativer Darstellung von gefährlichen Verkehrssituationen etwa, ob ein autonomes Fahrzeug, das keine Möglichkeit hat auszuweichen, eher ein Kind oder zwei erwachsene Personen überfahren soll. Oder ob die KI am Steuer das Auto vielleicht doch lieber vorher gegen eine Wand prallen lassen und damit das Leben der eigenen Insassen gefährden soll. „Solche Situationen werden in der Realität natürlich nur sehr, sehr selten vorkommen“, räumt Rahwan ein. „Aber die Menschen können nicht aufhören, über solche Fragen nachzudenken. Und wenn wir wollen, dass sie autonome Fahrzeuge nutzen, müssen wir darauf Antworten liefern.“

Mittlerweile haben über drei Millionen Menschen weltweit an „Moral Machine“ teilgenommen und 40 Millionen Entscheidungen in das System eingegeben. Wer selbst ein Verkehrsszenario bewerten will, hat online die Möglichkeit dazu. Einige der Ergebnisse waren durchaus erwartbar, wie etwa dass Kinderleben als schützenswerter erachtet werden als die von Er-

wachsenen. Auch darüber, dass insgesamt möglichst wenige Menschen zu Schaden kommen sollen, selbst wenn das auf Kosten der Insassen geht, war man sich grundsätzlich einig. Das Problem dabei ist allerdings, dass niemand selbst in einem solchen Fahrzeug sitzen möchte. „Da existiert eine große Spannung zwischen dem, was Menschen für richtig halten, und dem, was Konsumenten bereit sind, anzunehmen“, sagt Rahwan. Und das sei ein Problem für die gesamte Gesellschaft; schließlich könne man davon ausgehen, dass eine flächendeckende Einführung autonomer Fahrzeuge insgesamt zu deutlich weniger Verkehrstoten führen würde. „Hier wird es wichtig sein, die Leute davon zu überzeugen, nicht nur an ihre eigene Sicherheit zu denken, sondern auch an das Allgemeinwohl“, meint Iyad Rahwan. Die plakativen Fragen von „Moral Machine“ mögen überspitzt sein, doch dass autonome Fahrzeuge wichtige Entscheidungen treffen müssen, steht außer Frage. „In der Realität wird es vor allem um statistische Fragen gehen“, meint Rahwan. So müssen Programmierinnen und Programmierer etwa entscheiden, ob ein Fahrzeug im normalen Betrieb eher in der Mitte einer



FOTO: WAYMO

Die autonomen Fahrzeuge von Waymo verfügen über drei Sensortypen, die jeweils eigene Aufgaben übernehmen. LiDAR-Lasersensoren und ein Radarsystem tasten die Umgebung dreidimensional ab, wobei die Radiowellen des Radars auch den Hamburger Nebel durchdringen können. Eine 360-Grad-Kamera auf dem Dach überwacht und kategorisiert die Umgebung bildlich.

Straße fährt oder eher am Rand. Das beeinflusst automatisch die Wahrscheinlichkeit, entweder in den Gegenverkehr zu geraten und einen schweren Unfall zu verursachen oder stattdessen vielleicht diejenigen einer größeren Gefahr auszusetzen, die am Fahrbahnrand mit dem Rad unterwegs sind. „Solche Entscheidungen werden sich langfristig in den Unfallstatistiken niederschlagen“, warnt Rahwan. „Und wenn wir wollen, dass die Menschen autonome Fahrzeuge annehmen, müssen wir einen Weg finden, die Sicherheitsvorteile, die sie bieten, gerecht zu verteilen.“

Weniger Individualverkehr durch KI

Darüber, dass autonome Fahrzeuge den Straßenverkehr insgesamt sicherer machen würden, scheint jedenfalls Einigkeit zu herrschen. Schließlich gehen die allermeisten Unfälle auf menschliches Versagen zurück, verursacht von solchen, die etwa zu schnell, unachtsam oder gar betrunken unterwegs sind. Ob und vor allem in welcher Form sich das autonome Fahren durchsetzen wird, steht dennoch auf einem anderen Blatt. „Die Hoffnung unter uns Forschenden ist allerdings, dass gemeinsam genutzte autonome Fahrzeuge nach und nach die privaten Pkw ersetzen werden“, sagt Michael Krail, der am Competence Center Nachhaltigkeit und Infrastruktursysteme des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung das Geschäftsfeld Mobilität leitet.

Vor allem in Form von Ridepools, bei denen mehrere Anfragen von Fahrgästen, die in eine ähnliche Richtung wollen, gebündelt werden, könnte das den Anteil des Straßenverkehrs an der Klimaerwärmung deutlich reduzieren. „Wenn einen so ein Fahrzeug zu Hause vor der Tür abholt, dann hat das die gleiche Funktionalität wie der eigene Pkw“, sagt Krail. „Das könnte durchaus auch preislich attraktiv sein und sogar dem öffentlichen Verkehr Konkurrenz machen.“ Denn teuer sind an Taxis oder Shuttles mit weni-

gen Fahrgästen vor allem die Fahrerinnen und Fahrer. Im Hamburger Projekt Alike werden sich noch Begleitpersonen in den Fahrzeugen befinden, aber spätestens ab 2030 soll die Flotte der Minibusse autonom unterwegs sein und könnte dann laut dem Karlsruher Institut für Technologie 250 000 Pkw ersetzen. Alle Hamburgerinnen und Hamburger sollen bis dahin innerhalb von fünf Minuten Zugang zu einem öffentlichen Verkehrsmittel erhalten können. Krail zufolge würden sich auch gut abgestimmte Kombilösungen anbieten. So könnte das Taxi einen etwa zum Zug bringen, und an der Zielstation wartet dann bereits wieder ein Shuttle zur Weiterfahrt. Genau das ist auch das Ziel des EcoBus-Systems, das ein Team des Max-Planck-Instituts für Dynamik und Selbstorganisation entwickelt hat und mit verschiedenen Verkehrsbetrieben testet (siehe *Max-PlanckForschung* 1/2019).

Aber wie nachhaltig ist ein einzelnes autonomes Fahrzeug unterwegs im Vergleich zu einem herkömmlichen Pkw? Es ist zwar anzunehmen, dass die Algorithmen vorausschauendes Fahren ermöglichen und damit je nach Antrieb Kraftstoff oder Strom sparen. Und spätestens wenn alle Fahrzeuge autonom und vernetzt unterwegs sind, sollte das den Verkehrsfluss verbessern und zu weiteren Einsparungen führen. Andererseits sind die künstlichen neuronalen Netze, die über unzählige Sensoren ihre Umgebung erfassen und die Fahrentscheidungen treffen, wahre Energiefresser. Und die Computerhardware aktueller Prototypen füllt oftmals noch den gesamten Kofferraum aus. „Derzeit ist dieser zusätzliche Stromverbrauch tatsächlich noch ein großes Problem“, meint Krail. Allerdings zwingt die Transformation zur Elektromobilität die Hersteller auch dazu, sich in Sachen Stromverbrauch zukünftig zu disziplinieren, da ihre Fahrzeuge ansonsten Reichweite einbüßen und sich schlechter verkaufen lassen. „Man kann also durchaus davon ausgehen, dass die Fahrzeuge, die dann irgendwann auf den Markt kommen werden, nicht mehr so viel Strom für Steuerung und Datentransfer benötigen werden“, sagt Krail. Was den-

noch bleibt, ist die Sorge um die Art und Weise, wie die neue Technologie in Zukunft tatsächlich genutzt wird. Denn auch wenn sich autonome Fahrzeuge als sicherer, komfortabler und womöglich sogar als kostengünstiger herausstellen, muss das nicht automatisch zu einer nachhaltigeren Mobilität führen. Schlimmstenfalls könnten Pkw auch einfach eins zu eins durch privat genutzte autonome Fahrzeuge ersetzt werden, die einen am Ziel absetzen – und wenn sie dort keinen Parkplatz finden, womöglich noch leer im Kreis fahren, bis sie wieder gebraucht werden. „Um solche Auswüchse zu verhindern, sollten wir die Entwicklung sehr genau beobachten und rechtzeitig geeignete Rahmenbedingungen schaffen“, mahnt Michael Krail. Schließlich soll die neue Technologie ein Teil der Lösung sein und nicht zu einem weiteren Problem werden.

←

73

GLOSSAR

MASCHINELLES LERNEN
klassifiziert große Datenmengen, erkennt Motive auf Bildern und trifft Vorhersagen. Menschen trainieren ein Modell, indem sie auf Bildern etwa händisch Bildelemente markieren und deren Bedeutung angeben. Wie gut das fertige Modell eigenständig Bildelemente auf unbekanntem Bildern erkennt, hängt von der Qualität des Trainings ab.

NEURONALE NETZE
werden im Deep Learning trainiert, einem Teilbereich des maschinellen Lernens. Das Netz verarbeitet Daten wie etwa Pixelwerte durch viele Schichten. Die oberen Schichten erkennen einfache Merkmale wie Kanten und Formen, die tieferen Schichten erkennen Konzepte wie „Straße“ oder „Mensch“. Vorteil: Das Modell erkennt eigenständig komplexe Merkmale in unbekanntem Bildern. Nachteil: Je komplexer das Netz ist, desto schlechter sind die Ergebnisse nachvollziehbar.



74

Katastrophe für Mensch und Umwelt: Als nahe dem Dorf Kolontár in Westungarn der Damm einer Rotschlammdeponie brach, starben zehn Menschen, weit über 100 wurden verletzt. Mehr als 300 Häuser mussten abgerissen und tonnenweise verseuchter Boden abgetragen werden. Der ätzende, schwermetallhaltige Schlamm vergiftete zudem die Flüsse Torna und Marcal.

FOTO: PICTURE ALLIANCE / DPA / BALAZS MOHAI

GRÜNER STAHL AUS ROTEM SCHLAMM

TEXT: PETER HERGERSBERG

Bei der Produktion von Aluminium fallen gigantische Mengen giftigen Rotschlammes an. Gleichzeitig trägt die Stahlindustrie mit ihren CO₂-Emissionen wesentlich zum Klimawandel bei. Ein Team des Max-Planck-Instituts für Nachhaltige Materialien zeigt einen Weg auf, mit einem Verfahren beide Probleme anzugehen – und das würde sich auch ökonomisch lohnen.

Die giftige Flut kam um die Mittagszeit: Um 12.25 Uhr des 4. Oktobers 2010 brach nahe der westungarischen Stadt Ajka der Damm eines Rückhaltebeckens, in dem das Unternehmen MAL AG giftigen Rotschlamm aus der Aluminiumproduktion deponierte. Mehrere Hunderttausend Kubikmeter des ätzenden und schwermetallhaltigen Schlammes ergossen sich in die Landschaft und begruben Teile der Dörfer Kolontár, Devecser und Somlóvásárhely unter sich. Zehn Menschen starben, weit mehr als 100 wurden verletzt, viele andere verloren ihr Zuhause. Die Katastrophe in Ungarn zeigt, wie gefährlich Rotschlamm ist, von dem jährlich bis zu 180 Millionen Tonnen anfallen. Der Abfall wird in vielen Ländern besten-

falls in gigantischen Becken aufwendig getrocknet und entsorgt. Weltweit haben sich in den Deponien während der vergangenen Jahrzehnte an die vier Milliarden Tonnen angesammelt. Doch der stark alkalische Rotschlamm greift die Betonwände der Deponien an. Und bei starkem Regen wird der Rotschlamm oftmals aus den Rückhaltebecken gespült und bei Trockenheit als Staub vom Wind in der Umwelt verbreitet. Große Mengen Rotschlamm werden allerdings ohnehin einfach in der Natur entsorgt.

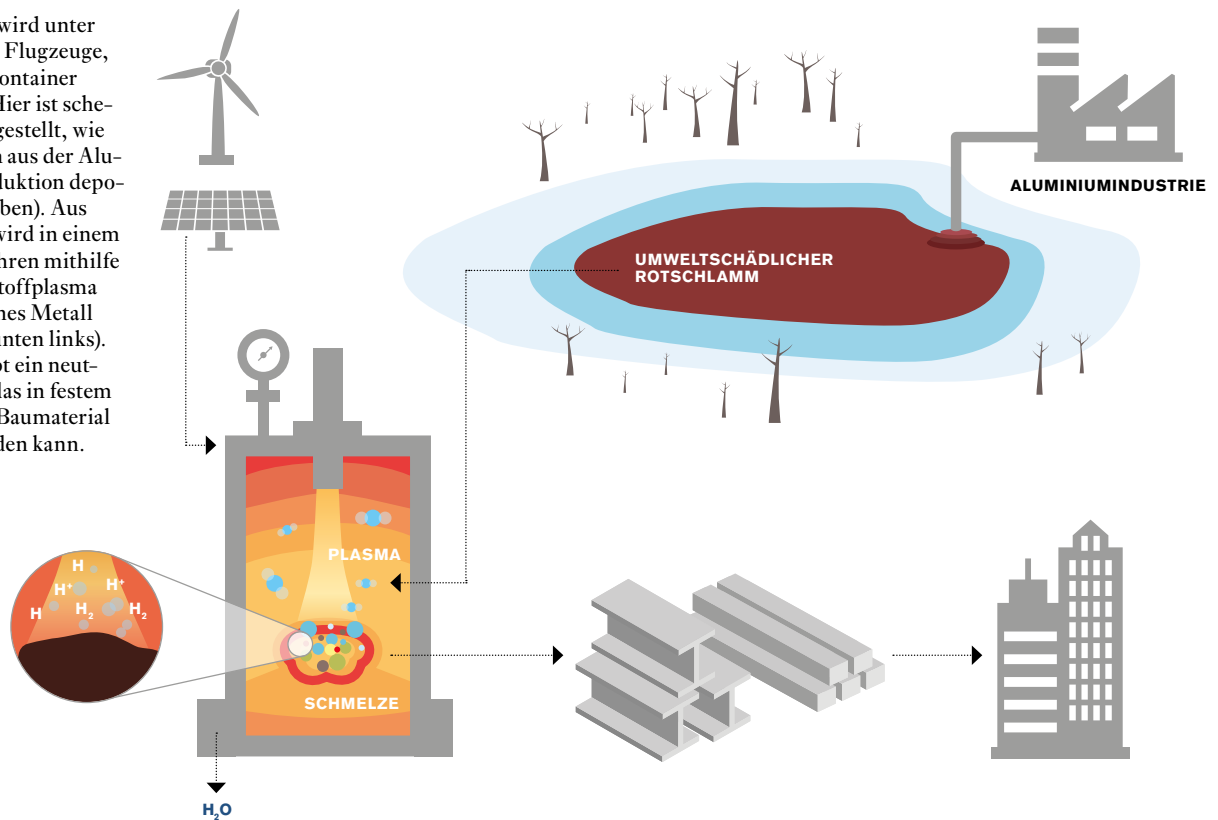
Doch Rotschlamm muss nicht länger problematischer Abfall bleiben. Geht es nach einem Team des Düsseldorfer Max-Planck-Instituts für Nachhaltige Materialien, das bis vor Kurzem noch die Eisenforschung im Namen trug, könnte die Metallindustrie in Zukunft einen weitaus größeren Teil des Materials nutzen als die wenigen Millionen Tonnen, die derzeit jährlich in der Zementherstellung oder in der Eisenproduktion eingesetzt werden. Die Forscher haben es auf die bis zu 60 Prozent Eisenoxid abgesehen, die im Rotschlamm enthalten sind. Kürzlich demonstrierten sie in einer

Studie, die im Fachmagazin *Nature* erschienen ist, wie sich daraus auf relativ einfache Weise grüner Stahl erzeugen lässt. Die Wissenschaftler schmelzen den Rotschlamm, so wie er aus der Deponie kommt, in einem Lichtbogenofen – solche Öfen nutzen die Stahl- und die Aluminiumindustrie seit Jahrzehnten, da sie damit Altmetall einschmelzen. Gleichzeitig reduzieren die Forschenden das Eisenoxid mit einem Plasma, das 10 Prozent Wasserstoff enthält, zu Eisen. Diese Umwandlung, im Fachjargon Plasmareduktion genannt, dauert gerade einmal zehn Minuten, wobei sich das flüssige Eisen von den flüssigen Oxiden trennt und anschließend einfach abscheiden lässt. Das Eisen ist so rein, dass es sich direkt zu Stahl weiterverarbeiten lässt. „Unser Prozess könnte das Abfallproblem der Aluminiumproduktion lösen und gleichzeitig die CO₂-Bilanz der Stahlindustrie verbessern“, erklärt Matic Jovičević-Klug, der maßgeblich an der Forschung beteiligt war. Aus den rund vier Milliarden Tonnen Rotschlamm, die sich weltweit angesammelt haben, ließen sich knapp 700 Millionen Tonnen Stahl gewinnen.

75



Aluminium wird unter anderem für Flugzeuge, Autos und Container gebraucht. Hier ist schematisch dargestellt, wie Rotschlamm aus der Aluminiumproduktion deponiert wird (oben). Aus dem Abfall wird in einem neuen Verfahren mithilfe von Wasserstoffplasma Eisen als reines Metall gewonnen (unten links). Zurück bleibt ein neutrales Oxid, das in festem Zustand als Baumaterial genutzt werden kann.



GRAFIK: GCO NACH MPI FÜR NACHHALTIGE MATERIALIEN GMBH

76

Das entspricht einem guten Drittel der jährlichen Stahlproduktion weltweit. „Wenn man dafür grünen Wasserstoff verwendet, dann könnte die Stahlindustrie circa 1,5 Milliarden Tonnen CO₂ einsparen“, sagt Isnaldi Souza Filho, Forschungsgruppenleiter am Max-Planck-Institut für Nachhaltige Materialien. Die Stahlindustrie ist die Branche mit dem größten Ausstoß an Treibhausgasen überhaupt, stammen doch 8 Prozent der weltweiten CO₂-Emissionen aus ihren Hütten.

Entschärfte Schwermetalle

Die Metalloxide, die vom Rotschlamm übrig bleiben, sind nicht mehr ätzend und erstarren beim Abkühlen zu einem glasartigen Material. Dieses lässt sich zum Beispiel in der Bauindustrie als Füllmaterial einsetzen. Andere Forschungsgruppen haben aus Rotschlamm mit Koks Eisen erzeugt, wobei stark verunreinigtes Eisen sowie große Mengen CO₂ entstehen.

Nimmt man hingegen statt Koks grünen Wasserstoff als Reduktionsmittel, werden diese Treibhausgasemissionen vermieden. Auch die Schwermetalle im Rotschlamm lassen sich mit diesem Verfahren gewissermaßen entschärfen. „Chrom haben wir nach der Reduktion im Eisen nachgewiesen“, sagt Matic Jovičević-Klug. „Auch andere Schwer- und Edelmetalle gehen wahrscheinlich in das Eisen oder in einen separaten Bereich über. Das werden wir in weiteren Studien untersuchen. Wertvolle Metalle könnte man dann abtrennen und weiterverwenden.“ Und Schwermetalle, die in den Metalloxiden zurückbleiben, seien darin gebunden und könnten daher nicht mehr mit Wasser ausgeschwemmt werden, wie dies beim Rotschlamm passieren kann.

Eisen mit Wasserstoff direkt aus Rotschlamm zu erzeugen, nützt aber nicht nur der Umwelt doppelt. Der Prozess lohnt sich auch ökonomisch, wie das Forschungsteam in einer Analyse der Kosten nachgewiesen hat. Mit Wasserstoff und einem Strommix für den Lichtbogenofen aus nur

Weit verbreitet in der Metallindustrie: In Lichtbogenöfen wird heute bereits Stahl- und Aluminiumschrott eingeschmolzen und kann so recycelt werden.



teilweise regenerativen Quellen lohnt sich das Verfahren bereits, wenn der Rotschlamm 50 Prozent Eisenoxid enthält. Berücksichtigt man noch die Kosten für die Entsorgung des Rotschlammes, reichen darin sogar nur 35 Prozent Eisenoxid, um den Prozess wirtschaftlich zu machen. Mit grünem Wasserstoff und Strom ist bei den heutigen Kosten – den Aufwand für die Deponierung des Rotschlammes eingerechnet – ein Anteil von 30 bis 40 Prozent Eisenoxid nötig, damit das entstehende Eisen am Markt konkurrenzfähig ist. „Das sind vorsichtige Abschätzungen, da die von der Industrie angegebenen Kosten für die Entsorgung des Rotschlammes wahrscheinlich eher niedrig angesetzt sind“, sagt Isnaldi Souza Filho. Rotschlamm als Rohstoff zu nutzen, statt ihn zu deponieren, könnte für die

Aluminium- und Stahlindustrie umso interessanter sein, als die Nachfrage nach den Metallen in den nächsten Jahren vermutlich noch deutlich steigen wird. Prognosen der Industrie zufolge wird der Bedarf an Aluminium und Stahl bis 2050 um mindestens 50 Prozent steigen – mit den entsprechend höheren Umweltbelastungen. Rotschlamm als Rohstoff für CO₂-freies Eisen zu nutzen, könnte dazu beitragen, das Wachstum der Metallindustrie sowohl wirtschaftlich als auch nachhaltig zu gestalten. „Uns war es wichtig, in unserer Studie auch die ökonomischen Aspekte zu berücksichtigen“, sagt Dierk Raabe, Direktor am Max-Planck-Institut für Nachhaltige Materialien. „Jetzt kommt es auf die Industrie an, ob sie die Plasmareduktion von Rotschlamm zu Eisen auch einsetzt.“ ←

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

Bei der Aluminiumproduktion fallen jedes Jahr bis zu 180 Millionen Tonnen stark ätzenden und schwermetallhaltigen Rotschlammes an.

Das im Schlamm enthaltene Eisenoxid lässt sich wirtschaftlich rentabel in einem Lichtbogenofen mit Wasserstoff direkt zu sehr reinem Eisen reduzieren.

Aus den weltweit deponierten rund vier Milliarden Tonnen Rotschlamm ließen sich so 700 Millionen Tonnen CO₂-freier Stahl gewinnen – das entspricht einem Drittel der weltweiten Jahresproduktion.





Labor im Kleinen: In einer solchen Apparatur erzeugt Elizaveta Bobkova winzige Tröpfchen und untersucht dann die biochemischen Reaktionen, die im Tropfeninnern ablaufen.

78

Max-Planck-Forschende kooperieren mit Partnern in mehr als 120 Ländern. Hier schreiben sie über ihre persönlichen Erfahrungen und Eindrücke. Elizaveta Bobkova vom Max-Planck-Institut für terrestrische Mikrobiologie in Marburg war im Rahmen des deutsch-französischen Austauschprogramms Salto drei Monate in Bordeaux. Sie meisterte komplizierte Labortechniken, war Jurorin bei einem Wettbewerb der synthetischen Biologie und konnte sich auch ihrem Lieblingssport widmen: dem Eiskunstlauf.

Meine erste Leidenschaft entdeckte ich im Alter von vier Jahren. Von meinen Eltern bekam ich Schlittschuhe geschenkt. Von da an stand ich mehrmals pro Woche auf dem Eis und übte Sprünge und Pirouetten. Auch später, während meines Studiums in Heidelberg, war ich Mitglied im Eiskunstlaufverein. Meine zweite Leidenschaft

schaffte kam während meiner Schulzeit hinzu: Ich begeisterte mich mehr und mehr für die Naturwissenschaften und fand großen Spaß daran, bei Biologie-Wettbewerben mitzumachen.

Nach dem Abitur habe ich mich für Biowissenschaften eingeschrieben und mich später in Richtung Biophysik orientiert. Ein Highlight für mich war die Teilnahme am jährlichen Wettbewerb „International Genetically Engineered Machine“ (iGEM). Dabei präsentieren Teams junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus aller Welt ihre Entwicklungen auf dem Gebiet der synthetischen Biologie. Beim Blick durchs Mikroskop etwas zu sehen, das man selbst geschaffen und das nie zuvor jemand gesehen hat – wie cool ist das denn?

Eines Tages saß ich in einem Vortrag von Tobias Erb. Ihm und seinem Team am Marburger Max-Planck-Institut für terrestrische Mikrobiologie war es gelungen, einen künstlichen Stoffwechselweg zu entwickeln und diesen an Chloroplasten zu koppeln.

Damit lässt sich Kohlendioxid binden und in neue Verbindungen umwandeln. In Zukunft könnte man mithilfe solcher synthetischer Reaktionszyklen das Treibhausgas aus der Atmosphäre idealerweise nutzen, um chemische Substanzen umweltschonend herzustellen. Ich war fasziniert von der Vision, den Klimawandel mit biotechnologischen Methoden zu bekämpfen. Daran wollte ich forschen!

Ich stellte mich bei Tobias Erb vor und bekam eine Doktorandenstelle. In meiner Doktorarbeit suche ich nach einem Weg, um Moleküle selektiv über synthetische Membranen zu transportieren. Ziel ist es, die künstlichen Reaktionszyklen durch eine räumliche Trennung der Teilprozesse noch effizienter zu machen. Dabei setze ich auch auf die Mikrofluidik – eine Methode, mit der sich biochemische Reaktionen auf kleinstem Raum untersuchen lassen. Die erste Adresse, um mich intensiv damit auseinanderzusetzen, war das Labor von Jean-Christophe Baret in Bordeaux. Baret ist Experte auf diesem Gebiet und

BORDEAUX

arbeitet schon seit vielen Jahren mit unserer Forschungsgruppe zusammen. Das deutsch-französische Austauschprogramm Salto zwischen der französischen Forschungsorganisation Centre national de la recherche scientifique (CNRS) und der Max-Planck-Gesellschaft hat mir den Aufenthalt ermöglicht.

Die Mikrofluidik ist eine sehr vielseitige Technik. Ich verwende Flüssigkeitstropfen quasi als winzige Versuchsgefäße. Um sie zu erzeugen, leite ich drei Flüssigkeiten durch hauchfeine Kanäle zusammen. Zwei der Flüssigkeiten enthalten jeweils unterschiedliche Bestandteile der Reaktion und vermischen sich. Sie bilden einen Tropfen innerhalb der dritten Flüssigkeit, die mit den beiden ersten nicht mischbar ist und als „Gefäß“ dient. Sobald die Reaktionsbestandteile darin aufeinandertreffen, startet die Reaktion. Eine raffinierte Methode, doch erfordert der Umgang mit den winzigen Kanülen und Spritzenpumpen Routine und eine ruhige Hand. In Bordeaux habe ich unglaublich

viel gelernt – vor allem dank Postdoc Thomas Beneyton, der mich vor Ort betreut hat.

Auch in anderer Hinsicht war der Aufenthalt ein voller Erfolg: Da zeitgleich in Paris der diesjährige iGEM-Wettbewerb stattfand, konnte ich beides verbinden und auf dem Weg nach Paris noch einen Stopp in Disneyland einlegen. Anders als in der Vergangenheit war ich diesmal nicht als Teilnehmerin bei dem Wettbewerb, sondern als Jurymitglied. Die tollen Projekte und der Austausch mit so vielen kreativen Leuten waren inspirierend und haben riesigen Spaß gemacht. Und damit nicht genug, stand ich in Frankreich nach langer Zeit wieder einmal auf Schlittschuhen. In Marburg ist das nächste Stadion so weit entfernt, dass ich meinen Lieblingssport zwischenzeitlich „auf Eis“ legen musste. In Bordeaux war es hingegen bloß ein Katzensprung, und ich konnte nach der Arbeit wieder meiner alten Leidenschaft nachgehen. Das Schöne daran: Selbst Sprünge und Figuren klappten noch!



FOTO: PRIVAT

Elizaveta Bobkova

28, ist Sprecherin des PhDnet – das deutschlandweite Netzwerk der Max-Planck-Doktorandinnen und -Doktoranden – sowie Boardmember von N², in dem sich die Promovierenden von Max-Planck-Gesellschaft, Leibniz- und Helmholtz-Gemeinschaft vernetzen. Neben ihrer Doktorarbeit am Max-Planck-Institut für terrestrische Mikrobiologie hat sie sich in Eigenregie das Zeichnen beigebracht. Am liebsten illustriert sie wissenschaftliche Veröffentlichungen.

EIN GRUND ZU HANDELN

Wissen ist das eine. Handeln das andere. Grundlagenforschung steht oft im Ruf, elitär und abgehoben zu sein. Doch trägt sie dazu bei, gesellschaftliche Fragen zu beantworten? Verändert sie die Gesellschaft nachhaltig? Bevor Patrick Cramer im vergangenen Jahr sein Amt als Max-Planck-Präsident antrat, besuchte er alle 84 Max-Planck-Institute, um sich selbst ein Bild zu machen. Seine Eindrücke sind jetzt in ein kurzweiliges Buch eingeflossen. Darin vermittelt der Autor nicht nur die Begeisterung über die Vielfalt der Wissenswelten – von Astronomie und Klimaforschung über Energie- und Altersforschung bis hin zu den Kultur- und Sozialwissenschaften –, vielmehr zeigt er auch Wege grundlegender Veränderung auf. Es sind Patrick Cramers neugierige Fragen, welche den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern spannende Antworten entlocken. So erfahren wir zum Beispiel, wie der Kernfusionsreaktor Wendelstein 7-X die Energieversorgung der Zukunft revo-

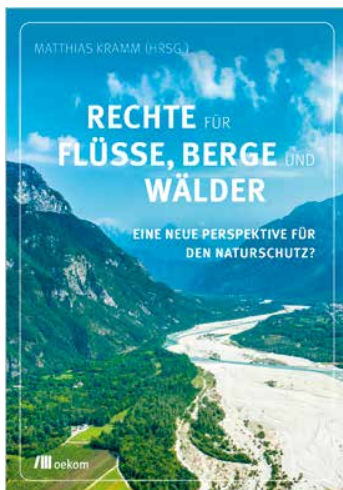
lutionieren könnte und was bis dahin noch alles geschehen muss, warum wir Menschen selbst angesichts des Klimawandels nicht entschlossen handeln oder wie etwa künstliche Intelligenz oder die Genschere CRISPR/Cas unser Leben verändern. Geschickt verknüpft Patrick Cramer die Erkenntnisse der einzelnen Forschungsgruppen und verweist auch auf Möglichkeiten der Zusammenarbeit. Komplexes Fachwissen erklärt er anschaulich anhand von Beispielen und schafft auf diese Weise Grundlagen, die Lust machen, sich eingehender mit unbekanntem Disziplinen zu beschäftigen, das eigene Handeln zu überdenken und selbst aktiv zu werden.

Barbara Abrell

Patrick Cramer
Zukunftswelten
336 Seiten, S. Fischer
28,00 Euro



80



STREITBARE SEEN

Das Mar Menor – eine kleine Salzwasserlagune in Spanien – kann seit Kurzem vor Gericht klagen, wenn seine Rechte verletzt werden. Und zwar die auf Existenz, natürliche Entwicklung und Schutz. Die Lagune ist das erste Ökosystem in Europa, das im September 2022 zur Rechtsperson erklärt wurde. In Ecuador sind die Rechte der Natur bereits seit 2008 in der Verfassung verankert, und auch andere Länder haben ihre Gesetzgebung angepasst. Was das bedeutet, erläutern in dem schmalen Büchlein acht Autorinnen und Autoren in kompakter Form. Sie zeigen auf, wo es entsprechende Gesetze schon gibt und wovor diese schützen, beleuchten rechtsphilosophische Aspekte und schreiben sogar darüber, wie sich das Thema auf einer Theaterbühne macht. Die Idee, dass Berge, Flüsse, Wälder oder Lagunen eigene Rechte zugesprochen bekommen, stammt von dem inzwischen verstorbenen Juraprofessor Christopher Stone. Denn in der

Rechtsprechung ist es durchaus möglich, dass nicht nur Menschen als juristische Personen gelten, sondern zum Beispiel auch Aktiengesellschaften. Als Rechtsperson kann sich die Natur gegen die übergroße Macht von Wirtschaftsunternehmen wehren und all jene verklagen, die sie roden, verschmutzen oder ausbeuten. Ob das Waldrecht von Sarayaku in Ecuador oder der Whanganui-Fluss in Neuseeland, um den die Māori kämpfen: Die im Buch geschilderten Gerichtsfälle sind spannend zu lesen. Lediglich das Kapitel zu Natur und Theater ist etwas verquast und zäh geraten.

Katja Engel

Matthias Kramm (Hrsg.)
Rechte für Flüsse, Berge und Wälder
112 Seiten, oekom
20,00 Euro



NEU ERSCHIENEN

BIS ZUM ANFANG DER WELT

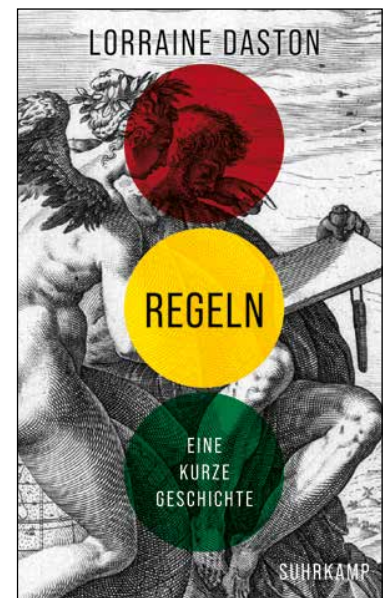
Zwanzig Jahre Planung und Bau, zehn Milliarden Dollar Kosten und ein sechseinhalb Meter großer Spiegel – das sind die Kennzahlen eines der komplexesten Fernrohre aller Zeiten. Am 25. Dezember 2021 wurde das James-Webb-Teleskop an Bord einer Rakete vom Typ Ariane 5 in den Weltraum gehievt. Bis dann ein halbes Jahr später die Fachleute angesichts der ersten Bilder in Jubel ausbrachen, hätten nicht weniger als 344 Dinge schiefgehen können. Es hat jedoch alles funktioniert, und seitdem späht die Hightech-Maschine in den Himmel. Sie empfängt unter anderem das infrarote Licht der ersten Galaxien, von bizarren Gas- und Staubnebeln oder von Planeten bei fernen Sonnen. In seinem prächtigen Bildband versammelt Till Mundzeck die schönsten Aufnahmen, die „James Webb“ bisher von seinem Beobachtungsposten eineinhalb Millionen Kilometer entfernt von der Erde gesendet hat. In fünf Kapiteln führt der Autor und Wissenschaftsjournalist sein Publikum durch den Kosmos und vermittelt eindrücklich und für den Laien jederzeit verständlich einen Eindruck davon, wie das Teleskop stückweise dem Kosmos seine Geheimnisse entlockt: Wie hat das Universum begonnen? Wie entstehen Galaxien? Wie werden Sterne geboren? Wie entwickeln sich Sonnensysteme? Sind wir allein im All? Wer die Texte im Buch liest und über die fantastischen Fotos staunt, bekommt einen guten Überblick über das, was die Astronomie aktuell beschäftigt und die Forschenden antreibt.

Helmut Hornung

Till Mundzeck
Unser neues Auge im All
208 Seiten, National Geographic
49,99 Euro

REGELWERK

Ob es uns gefällt oder nicht: Heutzutage sind wir von sichtbaren und unsichtbaren Regeln umstellt, wir können nicht ohne sie leben. Als Zwänge, die uns leiten, sind Regeln allgegenwärtig. Ein guter Grund für Lorraine Daston, Wissenschaftshistorikerin und ehemalige Direktorin am Berliner Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, ihnen jetzt ihr neues Buch zu widmen. In acht reich bebilderten Kapiteln entfaltet sie darin einen ebenso vollen wie locker geschriebenen, lehrreichen und unterhaltsamen Überblick darüber, wie sich Regeln im Lauf der europäischen Geschichte seit der Antike entwickelt haben. Sie erläutert nicht nur den Begriff der Regel, sondern schreibt auch über Gesetze, Normen, Vorbilder und schließlich die unabdingbare Rolle der Ausnahme. Der Buchtitel ist dabei doppeldeutig. Er kann nicht nur als Plural von „Regel“, sondern auch als Verb verstanden werden: Was und auf welche Weise regeln Regeln? Wie Daston schreibt, wollen sie das Allgemeine (Universalien) und das Einzelne (Einzeldinge) miteinander verbinden. Dabei möchten sie prophetisch sein: Falls die



Menschen sie befolgen, werden sich die erwünschten Ergebnisse oder eine angestrebte Ordnung einstellen. Allerdings war kein Regelsystem je in der Lage, ohne Ausnahmen auszukommen. So lautet Lorraine Dastons Fazit: „Zu jeder schlanken Regel gibt es eine füllige Regel, die hinter ihr aufräumt.“

Peter M. Steiner

Lorraine Daston
Regeln
432 Seiten, Suhrkamp
34,00 Euro



FÜNF FRAGEN

ZUR FORSCHUNG IN DER UKRAINE

AN ANDRIY STYERVOYEDOV

Herr Styervoyedov, Sie bauen mit der W.-N.-Karasin-Universität in Charkiw den deutsch-ukrainischen Exzellenzkern Plasma-Spin-Energy auf, den das Bundesforschungsministerium fördert. Wie betreiben Ihre Kolleginnen und Kollegen in Charkiw noch Forschung?

82 ANDRIY STYERVOYEDOV: Die Situation ist nicht wirklich gut rund um Charkiw. Die Fakultät für Physik und Technologie der Karasin-Universität liegt am Nordrand der Stadt, nur rund 25 Kilometer von der russischen Grenze entfernt. Jetzt sind die Fenster zerbrochen, und es ist vieles zerstört. Es gibt immer wieder Alarme, und während Meetings hört man manchmal auch Explosionen. Meine Kollegen haben oft weder Strom noch Heizung. Im Winter beträgt die Temperatur in einigen Labors oft nur fünf bis sechs Grad. Aber sie arbeiten weiter, so gut es geht.

Die Abteilung von Stuart Parkin erforscht die Spintronik, die den Spin von Elektronen als Informationsträger nutzt und nicht deren Ladung. Worum geht es bei Plasma-Spin-Energy?

Die Spintronik kann Computer schneller und energieeffizienter machen. Dafür entwickeln wir Bauteile aus sehr dünnen Schichten verschiedener Materialien. Unsere Partner von der Karasin-Universität haben viel Erfahrung mit der Plasmatechnik, mit der sie normalerweise dickere Schichten etwa für Medizintechnik herstellen. Gemeinsam entwickeln wir nun Geräte, die sehr reine atomare Schichten erzeugen können. Wir helfen also nicht nur der

Gruppe dort, wir lernen auch von deren Know-how.

Wie trägt der Exzellenzkern dazu bei, ukrainische Forschung nach dem Krieg wiederaufzubauen?

Wir besetzen hier in Halle zwei Promotionsstellen, eine Postdoc- und eine Ingenieursstelle mit Ukrainerinnen und Ukrainern, die nach dem Krieg in die Ukraine zurückkehren. In Charkiw haben wir noch ein größeres Team aus erfahrenen Wissenschaftlerinnen und Ingenieuren sowie zwei Promotionsstudierenden und zwei Postdocs. Das Team in der Ukraine hilft uns bei der Entwicklung und simuliert die Plasmaprozesse. Die Geräte werden zwar in Halle gebaut, aber nach Charkiw gebracht, wenn der Krieg zu Ende ist. Die Forscherinnen und Forscher dort können aber vorher schon über einen Onlinezugriff Experimente mit den Apparaturen steuern. Dann werden sie die Geräte in der Ukraine ziemlich einfach und schnell in Betrieb nehmen können, weil sie schon daran ausgebildet sind.

Was bedeutet es für die Zukunft der Ukraine und ihrer Wissenschaft, wenn viele gut ausgebildete junge Menschen wegen des Krieges das Land verlassen?

Schon vor dem Krieg verließen viele junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Ukraine. Die Exzellenzkern, die das Forschungsministerium fördert, sollen den Brain Drain aus der Ukraine reduzieren und stattdessen die Brain Circulation stimulieren. Viele der erfahrenen Forschenden und Ingenieure, die seit dem 24. Februar

2022 die Ukraine verlassen haben, wollen dorthin zurückkehren. Aber es hängt auch davon ab, ob es nach dem Krieg interessante wissenschaftliche Projekte und geeignete Stellen für sie geben wird. Das Exzellenzkern-Projekt soll aber nicht nur zum Wiederaufbau der Wissenschaft in der Ukraine beitragen, sondern auch Investitionen in das Land holen, indem auf Basis unserer wissenschaftlichen Entwicklungen Hightech-Start-ups gegründet werden. So sollen in der Ukraine neue Arbeitsplätze entstehen. Wenn es dort gute Arbeitsbedingungen für hochqualifizierte Leute gibt, werden die in ihre Heimat zurückkehren.

Wie optimistisch sind Sie, dass Sie die neuen Geräte innerhalb der vier Jahre, über die das Projekt läuft, nach Charkiw bringen können?

Ich hoffe, dass der Krieg so plötzlich endet, wie er begonnen hat. Wir können nicht mehr tun, als darauf vorbereitet zu sein. Wir haben auch viele Pläne für die Zeit nach dem Krieg. Wir wollen langfristig zusammenarbeiten, nicht nur für vier Jahre. Dann wollen wir unsere Entwicklungen auch kommerzialisieren. Wenn aus dem Exzellenzkern ein deutsch-ukrainisches Spin-off-Unternehmen hervorgeht, wird das vielleicht neue Ideen und zusätzliche Investitionen für die Forschung bringen.

Interview: Peter Hergersberg

Andriy Styervoyedov hat an der W.N.-Karasin-Universität promoviert und forscht seit Februar 2015 in der Abteilung von Stuart Parkin am Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik in Halle (Saale).

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

Niederlande

- Nimwegen

Italien

- Rom
- Florenz

USA

- Jupiter, Florida

Brasilien

- Manaus

Luxemburg

- Luxemburg



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
089 2108-1719 /-1276 (vormittags)
mpf@gv.mpg.de
www.mpg.de/mpforschung
Kostenlose App: www.mpg.de/mpfmobil

Verantwortlich für den Inhalt

Dr. Christina Beck (-1276)

Redaktionsleitung

Peter Hergersberg (Chemie, Physik, Technik; -1536)

Redaktion

Dr. Tobias Beuchert (Astronomie, Physik, Technik; -1404)
Michaela Hutterer (Kultur, Gesellschaft, -2617)
Dr. Elke Maier (Biologie; -1064)
Dr. Harald Rösch (Biologie, Medizin; -1756)

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

Bildredaktion

Susanne Schauer (-1562)
Annabell Kopp (-1819)

Konzeptionelle Beratung

Sandra Teschow und Thomas Susanka
www.teschowundsusanka.de

Gestaltung

GCO Medienagentur
Schaezlerstraße 17
86150 Augsburg
www.gco-agentur.de

Druck & Vertrieb

Vogel Druck & Medienservice GmbH
Leibnizstraße 5
97204 Hühberg

Anzeigenleitung

Philipp Bender
Bertelsmann Marketing Services
Tel: 49 173 60 55 713
philipp.bender@bertelsmann.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 allgemein verständlich aufzubereiten. Das Heft erscheint in deutscher und in englischer Sprache (MaxPlanckResearch) jeweils mit vier Ausgaben pro Jahr. Die Auflage dieser Ausgabe beträgt 75000 Exemplare (MaxPlanckResearch: 10000 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 84 Institute und Forschungseinrichtungen, in denen rund 24000 Personen forschen und arbeiten, davon etwa 13000 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Im Jahr 2023 betrug die Grundfinanzierung durch Bund und Länder 2,1 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.

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



Die MaxPlanckForschung
kostenfrei abonnieren:



MAX PLANCK
GESELLSCHAFT

