



## Ruf der Wildnis

### Was die Natur von uns verlangt

**Genlotterie:**  
Vom genetischen  
Einfluss auf das  
Immunsystem 8

**Lieferketten:**  
Neue Strategien  
für den globalen  
Warenfluss 50

**Neue Ordnung:**  
Eine Welt nach  
dem Krieg gegen  
die Ukraine 56





**Münchener  
Universitätsgesellschaft**

Gesellschaft von Freunden und Förderern der  
Ludwig-Maximilians-Universität München e.V.

Einsichten. Das Forschungsmagazin erscheint mit großzügiger Unterstützung  
der Münchener Universitätsgesellschaft. [www.unigesellschaft.de](http://www.unigesellschaft.de)



## Liebe Leserinnen, liebe Leser,

die Weltklimakonferenz ist vor Kurzem zu Ende gegangen – auch diesmal ohne nennenswerte Fortschritte beim Schutz der Erde vor globaler Erwärmung. Ebenso kommt die Staatengemeinschaft beim Erhalt der Artenvielfalt nicht recht voran. Nicht die besten Aussichten also für die Menschheit und die nichtmenschliche Natur in unserem Umfeld, aber auch für die Wildnis, die Natur abseits der technisierten Welt.

Wildnis: Was verbinden wir mit diesem Begriff heute überhaupt? Und was kann es für unsere Zukunft bedeuten, ihn zu klären? Ist die Wildnis für uns ein unbedingt schützenswertes Refugium für die Natur und ihre Vielfalt? Eine Ressource für den globalen Klimaschutz? Ist sie der letzte Rest des Unbezähmbaren auf dieser Erde?

Es sind viele Themen, die sich mit dem Begriff Wildnis verknüpfen. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der LMU nehmen sie aus ihren Disziplinen in den Blick: Virologe **Gerd Sutter**

verweist sozusagen auf eine Ausweitung der Kontaktzone: Zoonosen, von Ebola bis Corona, nehmen unter anderem deswegen zu, weil der Mensch der Wildnis immer näher rückt. Die Anthropologin **Francesca Mezzenzana** untersucht, wie unterschiedlich Kinder ihr Verhältnis zur Natur entwickeln – im Regenwald naturgemäß anders als im Münchner Ökologengarten. Der Geobiologe **William Orsi** erforscht einige der letzten unberührten Flecken dieser Erde: Ökosysteme in Sedimenten unter der Tiefsee.

Der Jurist **Jens Kersten** schlägt vor, die Natur zum besseren Schutz selbst zum Rechtssubjekt mit Grundrechten zu machen. Der Paläoanatom **Joris Peters** zeichnet die lange Geschichte der Domestikation nach, der Zähmung von Wildtieren. Und der Literaturwissenschaftler **Klaus Benesch** erinnert an den Autor Henry David Thoreau, der sich schon vor bald zwei Jahrhunderten an einem Leben im Einklang mit der Natur versuchte.

**Viel Spaß beim Lesen wünscht Ihre Einsichten-Redaktion**

# Inhalt



Wildnis: An den Rändern der technisierten Welt

17



Kulturvergleich: Über das Verhältnis zur Natur

25

## Aktuelles aus der Forschung

- 8 **Glück und Pech in der Genlotterie**  
Vom genetischen Einfluss auf das Immunsystem
- 14 **„Ähnlichkeiten zwischen den Imperien waren groß“**  
Unterhaltung mit: Tom Menger über koloniale Kriegsführung und massive Gewalt
- 17 **Schwerpunkt:**  
**Ruf der Wildnis**  
**Was die Natur von uns verlangt**
- 19 **Auf dem Sprung**  
Infektionskrankheiten, die von Tieren auf den Menschen übergehen, nehmen zu. Warum?

- 25 **Kindheit im Dschungel**  
Entwickeln Kinder, die im Regenwald aufwachsen, ein anderes Verhältnis zur Natur als westliche Stadtkinder? Eine Studie soll Aufschluss geben
- 31 **Die fremde Welt der Tiefe**  
Meilen unter dem Meer schaffen Mikroorganismen eigentümliche Ökosysteme in unwirtlicher Umgebung. Wie können sie dort überleben?
- 36 **Das Grundrecht des Fuchses**  
Die Natur selbst zum Rechtssubjekt machen: Wie sich das in der Verfassung verankern lässt
- 39 **Lange Zeit der Zähmung**  
Von den wilden Vorfahren zu den uns vertrauten Nutztieren – eine wechselvolle Beziehung, die Mensch und Tier prägte



Literatur: Recherchen auf den Spuren Thoreaus

44



Weltwirtschaft: Kampf gegen stockenden Nachschub

50

#### 44 **Der erste Aussteiger**

Ein Vorbild für alle Zivilisationsmüden: Über den Autor Henry David Thoreau, der in den Wald ging, um das wahre Leben zu finden

#### 50 **Strategien gegen das Domino-Prinzip**

Stresstest für die Weltwirtschaft: Spätestens mit Corona und Krieg stockt der globale Fluss von Werkstoffen, Vorprodukten und Waren. Was Lieferketten robuster machen kann

#### 56 **Eine neue Weltordnung**

Mit dem Einmarsch Russlands in die Ukraine ist der Krieg nach Europa zurückgekehrt. Historiker Kiran Klaus Patel und Völkerrechtler Christian Walter diskutieren, was das für die Welt und ihre Werte bedeutet

#### Rubriken

##### 3 **Editorial**

##### 11 **Meldungen**

##### 13 **Der Dolmetscher** Laurent Frantz über „alte DNA“

##### 62 **Die Zukunftsfrage** Wie können wir die digitale Infrastruktur gegen künftige Angriffe absichern?

##### 62 **Impressum**

**Titelbild:** Die Welt als Wildnis und Vorstellung: Regenwald in Costa Rica. Foto: Paul A. Souders/Getty Images





Die Ermordung Cäsars, das klassische Kollektivverbrechen.  
Gemälde von Vincenzo Camuccini, 1804.  
Foto: akg-images / De Agostini Picture Lib. / L. Romano



## Ein Hang zur Milde

Im Laienurteil kommen Gruppentäter für dasselbe Vergehen mit einer geringeren Strafe davon als Einzeltäter. Warum?

Es war eine kollektive Tat: Im Jahr 44 vor Christus erstachen römische Senatoren Julius Cäsar. Gemeinsam brachten sie ihm mehr als 20 Messerstiche bei. Ein klassischer Fall, doch kollektiv begangene Straftaten und andere Verstöße gegen Recht und Moral gibt es auch heute, und Opfer sind nicht nur die Mächtigen. Gruppenvergewaltigungen, Hassverbrechen oder Putschversuche sorgen immer wieder für Schlagzeilen.

Wie die Rechtsprechung urteilt, ist das eine. Wie aber sehen wir – als juristische Laien – die Schwere der Verfehlungen und den Anteil des einzelnen Beteiligten? Neigen wir dazu, einem Gruppentäter eine geringere Schuld und damit eine mildere Bestrafung zuzugestehen als einem Einzeltäter? Teilen wir in unserem Alltagsverständnis die Schuld sozusagen auf und messen mit zweierlei Maß? Solche Fragen hat ein internationales Team um die LMU-Neurowissenschaftlerin Anita Keshmirian untersucht und dazu Hunderte zufällig ausgewählte Probandinnen und Probanden gebeten zu urteilen. Bekannt ist, dass sich Menschen weniger für die Schäden verantwortlich fühlen, die sie gemeinsam mit anderen verursachen. Doch wie sieht es aus, wenn Dritte, Unbeteiligte ohne Eigeninteressen, eine Tat und die Härte der Strafe beurteilen sollen? In der Studie neigten sie tatsächlich dazu, Gruppentäter nachsichtiger zu behandeln. Dieser Effekt wird als „Diffusion der Strafe“ bezeichnet.

Dies zeige, so glauben die Forscherinnen und Forscher, einen grundlegenden Aspekt unseres Verständnisses von Ursache und Wirkung: Wenn es mehrere Ursachen für eine Wirkung gibt, neigten wir dazu, den Beitrag jeder einzelnen herunterzurechnen. Wenn etwa Eltern ihr Kind vernachlässigen, teilen wir gedanklich die Verantwortung dafür gleichsam zwischen Mutter und Vater. Wenn dieses Denkmuster die Unterschiede in dem vorgeschlagenen Strafmaß erklärt, würden wir dies nur erwarten, wenn die Opfer tatsächlich einen Schaden erlitten. Auch dies bestätigten die Experimente. Ging es in der skizzierten Fallgeschichte etwa um einen *fehlgeschlagenen* Mordversuch, machten die Probanden indes keinen Unterschied. Die bloße – wenn auch perfide – Absicht, so interpretierten die Forscher dieses Urteil, richte noch keinen Schaden an, für den die Verantwortung geteilt werden könnte. *Scientific Reports*, 2022



# Glück und Pech in der Genlotterie

Die Gene in unserem Erbgut sind mehr oder weniger aktiv, das beeinflusst auch unser Immunsystem. Die Humangenetikerin Sarah Kim-Hellmuth will diese Zusammenhänge besser verstehen und personalisierte Therapien entwickeln.

Es gibt diese Menschen, die niemals ernsthaft krank werden. Und es gibt die, die sich von einer Erkältung zur nächsten hangeln. Manche wenige hatten in den fast drei Pandemiejahren noch kein Corona. Andere sind bereits zum dritten Mal infiziert. Einen entscheidenden Anteil an solchen Unterschieden hat auch unser Genom. Doch nicht ein einzelnes Gen ist die Ursache, auch nicht zwei oder drei. Ob wir gesundheitlich eher robust sind oder wirklich jeden Infekt mitnehmen, wird stattdessen von Millionen Stellen in unserem Genom beeinflusst. Polygenetisches Risiko lautet der Fachbegriff dafür.

Die Humangenetikerin Sarah Kim-Hellmuth widmet sich in ihrer Forschung genau diesem Thema. Sie will verstehen, warum beispielsweise eine Person eine Autoimmunerkrankung entwickelt, eine andere aber nicht. Warum bei derselben Erkrankung ganz unterschiedliche Symptome auftreten können. Und wie man den Patientinnen und Patienten am besten hilft. Mit dem Computer analysiert und ordnet sie riesige Datensätze, um Zusammenhänge zwischen dem Genom eines Menschen und seinem Krankheitsrisiko zu erkennen und eines Tages personalisierte Therapieansätze zu entwickeln. Im Fokus stehen dabei Autoimmunerkrankungen wie Systemischer Lupus erythematoses (SLE) oder Typ-1-Diabetes, aber auch Herz-Kreislauf- oder Stoffwechselerkrankungen.

„Die Genaktivität spielt bei der Krankheitsentwicklung eine große Rolle“, er-

klärt Kim-Hellmuth. Um das zu verstehen, muss man sich kurz mit der Arbeitsweise des Genoms befassen. Obwohl jede Zelle unseres Körpers das gleiche Erbgut trägt, unterscheiden sich die Zellen in verschiedenen Geweben wie Herz, Blut oder Gehirn sehr stark voneinander: Sie haben eine andere Form, andere Fähigkeiten und Funktionen. Grund dafür ist, dass die Gene äußerst spezifisch abgelesen werden. Sie sind nur zu einem bestimmten Zeitpunkt und an einem bestimmten Ort aktiv. Ansonsten ruhen sie. Wir Menschen unterscheiden uns also nicht nur darin, welche Gene wir tragen, sondern auch, wann diese Gene aktiv oder inaktiv sind.

## Hunderttausend Basenpaare weit vom Gen entfernt

Das menschliche Genom besteht aus etwa drei Milliarden Bausteinen, den DNA-Basen. Nur ein bis zwei Prozent davon sind tatsächlich Gene, die von DNA in RNA und schließlich in Proteine umgeschrieben werden. Doch die restlichen 98 Prozent sind eben nicht nur Müll, wie man lange Zeit dachte. Hier befinden sich auch die Promoter und Transkriptionsverstärker, sogenannte Enhancer, welche die Aktivität der Gene regulieren.

Ist in diesen Promotern oder Enhancern auch nur eine Base verändert, kann das beeinflussen, wie gut oder schlecht das von ihnen regulierte Gen abgelesen wird.

Etwa fünf Millionen solcher variablen Positionen gibt es in der Bevölkerung. Manche Veränderungen verstärken die Genexpression, andere schwächen sie ab. Oft wird ein und dasselbe Gen von unterschiedlichen Stellen im Genom aus reguliert, die manchmal direkt daneben und manchmal hunderttausend Basenpaare entfernt liegen. Die Sache ist also äußerst komplex. Um überhaupt eine Verbindung erkennen zu können zwischen einer Veränderung im Genom und dem Auftreten einer Krankheit, muss man deswegen das Erbgut von vielen Menschen untersuchen. Eine Wissenschaftlerin allein schafft das nicht. Teamwork ist gefragt.

In solch ein Team kam Sarah Kim-Hellmuth im Jahr 2015, als sie als Postdoktorandin vom Institut für Humangenetik des Universitätsklinikums Bonn an das neu gegründete New York Genome Center wechselte. „Die Atmosphäre war wie in einem Start-up“, erinnert sich Sarah Kim-Hellmuth. Junge Gruppenleiterinnen und -leiter, intensiver Austausch. Innovative Technologien, flache Hierarchien. „Zwei Türen weiter saßen Nobelpreisträger, die ich beim Vornamen ansprechen und um Rat fragen konnte“, schwärmt sie. Gemeinsam mit etwa 50 anderen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus aller Welt arbeitete sie fortan am Genotype-Tissue Expression-Projekt (GTEx). Bisher hatte sie nur wenig mit Datenanalyse gearbeitet. Beim GTEx stieg sie zu einer der Hauptanalytistinnen auf. „Big Data liegt mir“, lautet ihre einfache Erklärung.





„Big Data liegt mir“, sagt Humangenetikerin Sarah Kim-Hellmuth, die in aufwendigen Analysen den genetischen Einfluss auf das Immunsystem und auf den Verlauf unterschiedlicher Erkrankungen untersucht. Foto Stephan Höck

Die GTEx-Gruppe hatte Gewebeproben von 838 Spenderinnen und Spendern gesammelt: Zellen aus Lunge und Bauchspeicheldrüse, aus Nebenniere und Leber, Speiseröhre und Gehirn. Insgesamt 15.201 Proben aus 49 Geweben. In allen Proben fanden zwei verschiedene Analysen statt. Die DNA-Sequenzierung zeigt, welches Erbgut die Zellen tragen. Das ist in allen Geweben eines Spenders gleich. Die RNA-Sequenzierung hingegen deckt auf, welche Bereiche des Erbguts in den einzelnen Geweben überhaupt aktiv sind. Hier finden sich bei ein und derselben Person riesige Unterschiede.

Anschließend begann die Suche nach Zusammenhängen. Bewirkt eine Verände-

rung an Ort A die Expression von Gen B? Tritt das bei mehreren Spendern und Geweben auf? Oder war es doch nur ein Zufallstreffer? Mit Papier und Bleistift lässt sich diesen Datenmengen nicht beikommen. GTEx ist ein Mammutprojekt der Bioinformatik.

### Wer trägt ein höheres individuelles Risiko als der Rest der Bevölkerung?

2020 veröffentlichte das Konsortium seine aufwendigste Datenanalyse. Das Ergebnis: „Die genetische Regulation der Genaktivität kommt sehr viel häufiger vor, als man bisher angenommen hat“, erklärt

Kim-Hellmuth. „Unsere Studie zeigt, dass fast jedes der mehr als 23.000 analysierten Gene in mindestens einem der Gewebe eine genetische Komponente aufweist.“ Früher dachte man, dass maximal die Hälfte aller Gene vom Genom reguliert wird. Mit diesem enormen Datensatz hat GTEx den Grundstein dafür gelegt, dass Forscherinnen und Forscher auf der ganzen Welt fortan gezielter nach dem Einfluss von genetischen Variationen auf die Genregulation suchen können.

Tatsächlich lässt sich bereits heute bei einigen Krankheiten sagen, wer besonders gefährdet ist und wer etwas mehr Glück in der Genlotterie hatte. Zum Beispiel bei der koronaren Herzerkrankung. Etwa



## »Die genetische Regulation der Genaktivität kommt sehr viel häufiger vor, als man bisher angenommen hat.«

acht Prozent der Männer und Frauen in Deutschland haben allein aufgrund ihres genetischen Profils ein dreifach höheres Risiko, eine koronare Herzerkrankung zu entwickeln, als der Rest der Bevölkerung. Da nicht nur ein oder zwei Gene daran beteiligt sind, bezeichnen Fachleute dies als polygenetische Risikofaktoren. Zwar ist dieses Risiko im Erbgut festgeschrieben, aber die Betroffenen können mit einem gesunden Lebensstil dagegenhalten. Sie können Sport treiben, täglich Gemüse essen, viel an die frische Luft gehen und so das erhöhte Risiko deutlich dämpfen.

Oder Brustkrebs. Wer eine bestimmte Mutation in den Genen BRCA1 und 2 aufweist, hat ein stark erhöhtes Risiko, im Laufe des Lebens an Brust- oder Eierstockkrebs zu erkranken. Doch es gibt noch zahlreiche andere Gene, die ebenfalls in diese Gleichung mit hineinspielen. „Die polygenetischen Risikofaktoren für diese Krankheit können auch bei Menschen mit mutiertem BRCA1 und 2 niedrig sein“, erklärt Kim-Hellmuth. Ist dies der Fall, könne man vielleicht eine etwas konservativere Therapie wählen.

Das GTEx-Konsortium konnte auch aufdecken, dass sich die Genregulation zwischen den Geschlechtern unterscheidet. 37 Prozent aller untersuchten Gene wurden in mindestens einem Gewebe anders abgelesen, je nachdem ob die Person eine Frau mit zwei X-Chromosomen oder ein Mann mit einem X- und einem Y-Chromosom war.

Als die GTEx-Analysen im Jahr 2020 abgeschlossen waren, kehrte Sarah Kim-Hellmuth nach München zurück. Hier hatte sie einst an der LMU und der Technischen Universität München (TUM) ihr Medizinstudium absolviert. Jetzt nahm sie ihre klinische Tätigkeit an der Kinderklinik und Kinderpoliklinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital wieder auf

und leitet seit 2021 ihre eigene Forschungsgruppe. 2022 wurde sie in das prestigeträchtige Emmy Noether-Programm der Deutschen Forschungsgemeinschaft aufgenommen, das seitdem ihre Arbeitsgruppe finanziert.

Während sie in New York noch gewebeübergreifend gearbeitet hat, gilt ihre Aufmerksamkeit jetzt ganz dem Immunsystem. Das allein ist schon extrem variabel und komplex, denn es besteht aus vielen verschiedenen Zelltypen. Den genetischen Einfluss auf die Immunzellen und somit den Krankheitsverlauf aufzuspüren, bedarf wieder großer Mengen an Daten.

### Voraussagen können, welche Symptome ein Patient entwickelt

„Selbst Patientinnen oder Patienten mit der gleichen Krankheit wie zum Beispiel Systemischem Lupus erythematodes können ganz unterschiedliche Symptome zeigen“, erklärt Kim-Hellmuth. „Es wäre ein großer Fortschritt, wenn wir nicht nur Lupus diagnostizieren, sondern auch den genetischen Einfluss berücksichtigen und vorhersagen könnten, welche Symptome ein Patient wohl entwickeln wird.“ Dann könnte man die Therapie ganz gezielt gegen diese zu erwartenden Symptome ausrichten.

Für die Zukunft hat die Humangenetikerin sich vorgenommen, die Unterschiede im Immunsystem der globalen Bevölkerung besser zu erforschen. „Die Prävalenz von

Autoimmunerkrankungen und auch die Krankheitsverläufe sind weltweit ganz unterschiedlich“, erklärt Kim-Hellmuth. Sie möchte verstehen, woher diese Unterschiede kommen und wie groß der genetische Einfluss dabei ist.

Doch diese aufwendige Forschung will finanziert sein. Dafür hat Sarah Kim-Hellmuth jetzt mit der LMU einen der hoch angesehenen Starting Grants des Europäischen Forschungsrates (ERC) eingeworben, eine Förderung von 1,5 Millionen Euro. Bei dem Projekt gilt es, zunächst Immunzellen von Menschen aus Afrika, Asien und Europa zu bekommen, ihre Immunantworten zu studieren und dann mit ihren Genomen zu vergleichen. „Und dadurch“, sagt Kim-Hellmuth, „dass ich in GTEx auch viel zu Geschlechtsunterschieden geforscht habe und das Immunsystem von Frauen und Männern sich stark unterscheidet, wird auch diese Frage weiterhin Teil meiner Forschung sein.“

Claudia Doyle

**Dr. med. Sarah Kim-Hellmuth**, Humangenetikerin, leitet seit Anfang 2022 eine Emmy Noether-Nachwuchsgruppe am Dr. von Haunerschen Kinderspital des LMU Klinikums und dem Institut für Translationale Genomik des Helmholtz Munich, die sich mit dem genetischen Einfluss auf das Immunsystem beschäftigt. Seit 2022 ist sie auch Mitglied der Jungen Akademie der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften und der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina. Im November 2022 bekam sie einen der begehrten Starting Grants des Europäischen Forschungsrates (ERC) zugesprochen.





Rekordversuch im Quantenlabor: Einem Team mit Tim van Leent gelingt die Verschränkung zweier Quantenspeicher über Dutzende Kilometer. Foto: LMU

## Alpentransit

### Erst die Römer brachten das Maultier nach Mitteleuropa

Bis zum Ende der Eisenzeit im ersten Jahrhundert vor Christus züchteten die Menschen in den keltischen Siedlungen im nördlichen Alpenvorland nur Pferde. Die von den Kelten hochgeschätzten „Tiere für die Elite“ fanden vor allem beim Militär Verwendung. Als die Römer kurz vor Christi Geburt in die Gebiete nördlich der Alpen vordrangen und sich dort ansiedelten, brachten sie aus dem Mittelmeerraum auch Maultiere mit, dies zeigen Genanalysen von LMU-Forschern um den Paläoanatom Joris Peters. Die Römer schätzten die Kreuzungen aus Pferd und Esel wegen ihrer Kraft, Ausdauer und Trittsicherheit im Gebirge beim Militär als Pack- und Arbeitstiere. Zudem kommen Maultiere mit wenig wertvollerem Futter aus und sind widerstandsfähiger gegenüber Krankheiten als Pferde und Esel.

Journal of Archaeological Science, 2022

Die Zahl

33 km

### Rekordverschränkung

33 Kilometer misst die längste Glasfaser-Verbindung, über die zwei Quantenspeicher miteinander verschränkt wurden. Forscher der LMU konvertierten dazu die Wellenlänge von jedem der Lichtteilchen, die von den atomaren Speichern ausgesandt wurden. So konnten sie die Verluste auch über lange Glasfasern deutlich reduzieren und Verschränkung zwischen Atomen erzeugen. Trotz der räumlichen Trennung sind die Eigenschaften der Atome stark gekoppelt, was etwa sichere Kommunikation erlaubt und einen wichtigen Schritt hin zu einem künftigen Quanteninternet darstellt. Nature, 2022

## Der Modulierer macht's

### Angeborenes Immunsystem: Der letzte Schliff für die Bakterienabwehr

Rezeptoren des Immunsystems, die Bestandteile bakterieller Zellwände als fremd erkennen, spielen eine zentrale Rolle bei der angeborenen Immunabwehr. Ein wichtiger immunstimulierender bakterieller Zellwandbestandteil ist das Molekül MDP, das von dem Immunrezeptor NOD2 erkannt wird. Ein Team um den LMU-Immunologen Veit Hornung hat nun die Mechanismen untersucht, wie der Rezeptor sein Zielmolekül identifiziert, und einen wichtigen Zwischenschritt dieses Prozesses aufgedeckt. Die Forschenden konnten nachweisen, dass MDP erst von dem Enzym NAGK chemisch modifiziert werden muss, damit es von NOD2 erkannt werden kann. Diese Rolle von NAGK war bisher unbekannt und ist unabhängig von der in der Literatur bereits beschriebenen Funktion des Enzyms im Zuckerstoffwechsel. Nature, 2022



## Die große Kälte

### Ein Mikrowellenkühlschrank für Moleküle

Wird ein stark verdünntes Gas auf extrem tiefe Temperaturen abgekühlt, zeigen sich bizarre Eigenschaften. So formen manche Gase ein sogenanntes Bose-Einstein-Kondensat – eine Art von Materie, in der sich alle Atome im Gleichtakt bewegen. Ein anderes Beispiel ist die Suprasolidität: Dabei verhält sich Materie wie eine reibungslose Flüssigkeit mit periodischer Struktur. Besonders mannigfache und aufschlussreiche Formen von Quantenmaterie erwarten die Physiker beim Kühlen von Gasen, die aus polaren Molekülen bestehen. Anders als freie Atome können sie rotieren, vibrieren und sich gegenseitig anziehen oder abstoßen. Allerdings ist es schwierig, molekulare Gase auf ultratiefe Temperaturen zu kühlen. Ein Team um Quantenphysiker Immanuel Bloch hat nun eine einfache Möglichkeit geschaffen, um dieses Hemmnis zu beseitigen. Sie basiert auf einem rotierenden Feld aus Mikrowellen.

Für ihre Experimente verwendeten die Forscher ein Gas aus Natrium-Kalium-Molekülen, die durch Laserlicht in einer optischen Falle eingesperrt waren. Um diese zu kühlen, setzte das Team eine Verdampfungskühlung ein. Mithilfe eines technischen Tricks, der mithilfe eines stark rotierenden Mikrowellenfeldes polare Moleküle am Verklumpen hindert, gelang es, die Moleküle bis nahe dem absoluten Nullpunkt abzukühlen und so einen neuen Tieftemperaturrekord zu erreichen. Die Methode ebnet den Weg, um Quanteneffekte exotischer Materieformen zu studieren. *Nature*, 2022

---

„LMU aktuell“: Der monatlich erscheinende Newsletter informiert über Aktuelles aus Forschung sowie Uni&Campus:  
[www.kurzelinks.de/lmu-newsletter](http://www.kurzelinks.de/lmu-newsletter)



### Revolution durch KI: Wunschbild per Texteingabe:

In Sekundenschnelle aus Texten Bilder machen – und zwar mit einer herkömmlichen Grafikkarte und ohne Hochleistungsrechner. Das ermöglicht das neue KI-Modell Stable Diffusion. Den zugrundeliegenden, leistungsfähigen Algorithmus zur Bildsynthese hat die Machine Vision & Learning-Arbeitsgruppe um Informatiker Björn Ommer entwickelt.

Bild: Owen Vincent/LMU

## Die wahren Effekte der Landnutzung

### Ein Modellierungsansatz, um Klimaschutzmaßnahmen differenzierter zu bewerten

Vegetation und Böden nehmen als wichtigste Kohlenstoffspeicher an Land momentan knapp ein Drittel der menschengemachten CO<sub>2</sub>-Emissionen auf. Somit tragen sie zur Verlangsamung der globalen Erderwärmung bei. Doch fungieren Wälder und Strauchlandschaften längst nicht so verlässlich als Kohlenstoffsenke, wie bisher angenommen. Dies zeigen Ergebnisse eines neuen Modellierungsansatzes, den ein Team um Julia Pongratz

entwickelt hat. Die neue Methodik ermöglicht, aus Satelliten- und anderen Erdbeobachtungsdaten direkte Auswirkungen der Landnutzung auf globale CO<sub>2</sub>-Flüsse von denen natürlicher Umweltfaktoren zu unterscheiden. Nur so lässt sich der wahre Fortschritt bei Klimaschutzmaßnahmen zeigen. Das Modell hilft, besser einzuschätzen, welchen Beitrag die Landnutzung zum Klimaschutz leisten kann. *Nature Communications*, 2022

## Eingangskontrolle

### Afrikanische Schlafkrankheit: Wie der Erreger Tsetsefliegen besiedelt

In Afrika weitverbreitete Tsetsefliegen können *Trypanosoma brucei* übertragen, den Erreger der afrikanischen Schlafkrankheit. Der einzellige Parasit gelangt über den Speichel infizierter Fliegen in das Blut des Wirts und von dort weiter zum Gehirn. Die Fliegen selbst infizieren sich über die Aufnahme von Blut infizierter Wirte. Ein Team um die LMU-Biologen Sabine Bachmeier und Michael Boshart hat nun gezeigt, wie die Trypanoso-

men aus dem Magen-Darm-Trakt der Fliegen zu deren Speicheldrüsen gelangen: Ein Signalapparat kontrolliert an der Spitze der Geißel der Einzeller über den Botenstoff cAMP die Migration der Trypanosomen. Die Entfernung eines Teils des Enzymkomplexes, der den Botenstoff produziert, reichte aus, um diesen Prozess zu unterbinden. So konnten Trypanosomen die Fliegen nicht mehr effizient besiedeln. *Nature Communications*, 2022



Aufbereitung einer Knochenprobe: „Alte DNA“ zu gewinnen, gelingt nur in extrem kontrollierten Laborumgebungen.  
Foto: Max-Planck-Institut für Evolutionäre Anthropologie

## Der Dolmetscher: Laurent Frantz über „alte DNA“

Es gib wissenschaftliche Begriffe, die es in die Alltagswelt geschafft haben. LMU-Wissenschaftler erklären an dieser Stelle solche Ausdrücke – nicht nur mit einer reinen Definition, sondern auch mit einer kurzen Geschichte ihrer Popularität.

„Stirbt ein Organismus, wird seine DNA in seinem Körper abgebaut, wie die übrigen Biomoleküle auch. Die DNA ist jedoch ein sehr widerstandsfähiges Molekül. In Haaren, Knochen oder bei Pflanzen in Samen kann sie über Tausende von Jahren erhalten bleiben. In den letzten 40 Jahren haben Forscher neue Labortechniken entwickelt, um diese ‚alten‘, stark degradierten DNA-Moleküle aus paläontologischem und archäologischem Material zu extrahieren. Mit Erfolg: Jüngst hat der Genetiker Svante Pääbo den Medizinnobelpreis erhalten, weil er mit ihrer Hilfe das Erbgut längst ausgestorbener Frühmenschen rekonstruierte.

Die Arbeit mit alter DNA ist schwieriger als mit ‚moderner‘ DNA, da die DNA-Menge in alten Proben oft sehr gering ist. Alte DNA erfordert eine besondere Behandlung und ein Arbeiten in extrem kontrol-

lierten Laborumgebungen, um DNA-Verunreinigungen durch Personen, die mit der Probe umgehen, oder durch die Umwelt zu vermeiden.

Biotechnologische Fortschritte haben die Arbeit mit diesen winzigen Mengen an DNA-Molekülen möglich gemacht. Der vielleicht wichtigste ist die Polymerase-Kettenreaktion (PCR), ein Verfahren zur Vervielfältigung von DNA-Molekülen. Es erlaubt, DNA-Moleküle in ausreichender Menge zu erzeugen, um sie zu sequenzieren. Neue Sequenzier-Technologien erlauben, ganze Genome in einem Tempo zu sequenzieren, das noch vor 15 Jahren für unmöglich gehalten wurde.

Der Zugang zu genetischen Informationen aus der Vergangenheit hat Bereiche wie Paläontologie, Paläoanthropologie und Archäologie revolutioniert. Durch die Entschlüsselung des DNA-Codes alter Organismen, darunter auch von Mensch oder Neandertaler, haben Forscher nun Zugang zu einer Art Zeitmaschine. Sie macht Momentaufnahmen aus der fernen Vergangenheit möglich. So können Genetiker nun die Geschichte unserer Spezies

in noch nie dagewesener Detailtiefe erforschen und etwa untersuchen, was uns von unseren entfernten Vetteren, den Neandertalern, unterscheidet. Oder verstehen, wie wir die Welt kolonisiert haben, uns an Erreger wie die Schwarze Pest angepasst haben, aber auch, wie und wann wir Pflanzen wie Reis, Weizen und Gerste domestiziert haben und Tiere wie Hunde oder Pferde unsere Begleiter wurden.

Anhand von Genominformationen aus vergangenen Ökosystemen, auch aus ausgestorbenen und noch lebenden Arten wie Mammuts, Elefanten und Wölfen, untersuchen Forscher, wie Arten während der großen klimatischen Veränderungen der letzten Million Jahre überlebten und sich anpassten oder ausstarben. Damit hat ‚alte DNA‘ ein enormes Potenzial, uns bei Aussagen zur Zukunft zu helfen, dazu, wie wilde aber auch domestizierte Arten auf die Klimakrise reagieren werden.“ Protokoll: huf

**Prof. Dr. Laurent Frantz**  
ist Professor für Paläogenomik der Haustiere an der Tierärztlichen Fakultät der LMU.



# Koloniale Kriegsführung, massive Gewalt: „Ähnlichkeiten zwischen den Imperien waren groß“

Unterhaltung mit: Tom Menger, Historiker

Verklärter Blick auf die koloniale Vergangenheit des Landes: Wie grausam auch deutsche Kolonialherrschaft war, ist vielen nicht bewusst. Auch nicht, dass es beim Thema Gewalt enge Verflechtungen zwischen den Kolonialmächten gab. Sich diesen Teil der Kolonialgeschichte besser bewusst zu machen, sei wichtig für die Gestaltung der Gegenwart, sagt der Historiker Tom Menger.

Es gibt Reiseveranstalter, die Werbung machen für Reisen nach Namibia, also ins ehemalige Deutsch-Südwestafrika, mit Slogans wie diesen: „Wie Urlaub in der Heimat, nur viel schöner“. Oder: „Nostalgie Städte, und immer noch viel deutsches Flair“. Hatte der deutsche Kolonialismus etwas Romantisches?

**Menger:** Keinesfalls, würde ich sagen. Es gibt tatsächlich dieses Bild. Mit der Realität hat das aber nicht viel zu tun. Das hat sich besonders nach dem Ersten Weltkrieg so entwickelt, dass man den deutschen Kolonialismus verklärt hat. Vielleicht auch, weil die Deutschen ihre Kolonien im Ersten Weltkrieg verloren haben, haben sie danach angefangen, ein romantisches, nostalgisches Bild davon zu entwerfen. Tatsache ist aber: Kolonialismus war immer sehr stark von Gewalt geprägt, teilweise von massiver Gewalt.

Was für eine Gewalt war das?

**Menger:** Es gab sehr viele Formen von Gewalt. Einerseits sozusagen die alltägliche Gewalt wie Peitschenhiebe, denen Arbeiter auf den Plantagen ausgesetzt waren, oder Zwangsarbeit. Es gab sogenannte „Strafexpeditionen“ und daneben auch größere Kriege, die die Deutschen zum Beispiel zur Unterdrückung des afrikanischen Widerstandes während des so-

genannten Maji-Maji-Krieges in Deutsch-Ostafrika, im heutigen Tansania, geführt haben. Bei diesen Kriegen würde ich eine Form von Gewalt herausstellen, an die viele kaum denken, wenn es um Kolonialismus geht: Hunger- und Vernichtungskrieg, also massive und systematische Zerstörung von Dörfern und Feldern, von Ernten und Nahrungsvorräten. Damit wurde versucht, der Bevölkerung, die Widerstand geleistet hat, die Lebensgrundlage zu entziehen und damit auch die Grundlage für den Widerstand.

War das Vorgehen in solchen Kolonialkriegen anders als bei Kämpfen etwa in Europa?

**Menger:** Auf jeden Fall. Neben den Hunger- und Vernichtungskriegen gab es für viele Kolonialkriege typische Massaker. Menschen wurden entführt, auch Frauen

und Kinder, es war ganz normal, dass die Bewohner ganzer Dörfer mitgenommen und interniert wurden. Auch sexuelle Gewalt gehörte meist zum Kriegsalltag. Und es gab exzessive Gewalt sozusagen als Spektakel: Verstümmelung, Enthauptungen, die Zurschaustellung der Körper von Getöteten. Dies war auch darauf ausgerichtet, dass sie den anderen eine Botschaft vermitteln soll.

**Eine Anleitung,  
wie man am besten  
ein Dorf abbrennt**

Sie sprechen von einer Botschaft. Was sollte mit dieser Gewalt vermittelt werden?

**Menger:** Es ging darum, dem Gegner die eigene Überlegenheit zu demonstrieren, das war auch klar rassistisch gedacht. Im

»Es gab Austausch zwischen  
den Kolonialmächten, ein  
Wissen, das präsent war und sich  
verbreitete – wie in einer Cloud.«



Kriegsführung in den Kolonien: Hermann von Wissmann (sitzend) diente im Lauf seiner Karriere mehreren Imperien mit seinem einschlägigen Wissen als kolonialer Militärexperte. Als Reichskommissar verhandelt er hier in der Station Mkwadji, Deutsch-Ostafrika, 1890. Foto: Picture Alliance/akg-images

Englischen gab es dafür den Begriff „moral effect“, man schrieb auch auf, wie man diesen Effekt am besten erzielen kann.

Es gibt ja schon länger Begriffe wie „Kriegsrecht“ – haben die Kolonialmächte dagegen bewusst verstoßen?

**Menger:** Wir sprechen tatsächlich von einer Zeit, als man in Europa versucht hat, sich Regeln für den Krieg zu geben. An den Genfer Konventionen wurde ab 1864 gearbeitet, die Haager Landkriegsordnung geht aufs Jahr 1899 zurück. Das waren Regelwerke, bei denen die Vorstellung galt, man sollte die Zivilbevölkerung schützen und nur die gegnerische Armee angreifen. Es gab also schon ein relativ klares Bewusstsein, was auch in einem Krieg als legitim und ehrenhaft gelten

kann und was nicht. Das heißt nicht, dass nicht auch europäische Kriege in dieser Zeit große Zerstörungen brachten. Aber einiges, was in Europa verpönt war, war gleichzeitig in den Kolonialkriegen gängige Praxis. Es gab die Vorstellung: Gegen Menschen, die man als „Wilde“ betrachtete, kämpft man einen anderen Krieg, da muss man sich nicht ans Kriegsrecht halten.

Und es gab tatsächlich Handbücher zur Kriegsführung in den Kolonien?

**Menger:** Ja, solche Handbücher wurden üblicherweise von den Praktikern des Kolonialkrieges geschrieben, also von Leuten, die schon eine längere Erfahrung mit dieser Art von Kriegen hatten. Sie haben darin über alles Mögliche ge-

schrieben, was mit dem Krieg zu tun hat: von der Logistik bis zur eigentlichen Kriegsgewalt, über Taktik und Strategie. Es gab darin auch ganz praktische Anleitungen, etwa dazu, wie man am besten ein Dorf abbrennt.

Tatsächlich?

**Menger:** Ja. Da wurde dann erklärt, welche Teile eines Dorfes üblicherweise besser brennen als andere. Oder dass man bei einer Hütte zuerst das Dach anzünden sollte. Dass man darauf achten muss, woher der Wind weht. Und dass man aufpassen muss, dass man nicht am Ende selbst mitten im brennenden Dorf steht und nicht mehr rauskommt. Das wurde alles in diesen Handbüchern feinsäuberlich festgehalten.



Diese Handbücher gibt es aber dann ja schon seit über 100 Jahren. Sind die nicht schon längst intensiv ausgewertet?

**Menger:** Interessanterweise nicht. Einige sind schon ausgewertet worden, aber in ihrer ganzen Breite waren sie lange Zeit nicht als Quellen erschlossen. Das ist eine wirklich sehr ertragreiche Basis für die Forschung zu kolonialer Gewalt.

Die Zeit des Kolonialismus ist ja auch eine Zeit des Nationalismus, die Staaten Europas versuchten, sich voneinander abzugrenzen, ihr jeweiliges Anderssein hervorzuheben. Waren Deutschland, Großbritannien oder Frankreich in der Kriegsführung jeweils anders als die anderen Kolonialstaaten?

**Menger:** Genau diese Frage steht im Mittelpunkt meiner Untersuchungen. Und das Ergebnis ist: Es gibt sehr große Ähnlichkeiten, was die Kriegsführung anbelangt. Die Unterschiede liegen vor allem auf der Ebene der Rhetorik, da ging es dann darum, ein schmeichelhaftes Selbstbild zu zeichnen.

Teilten die Kolonialmächte die gleichen Ideologien?

**Menger:** Zum einen teilte man auf jeden Fall die gleichen rassistischen Grundeinstellungen. Und daraus entstand dann auch die gleiche Auffassung davon, wie man mit den Menschen in den Kolonien umgeht. Und es spielte eine wesentliche Rolle, dass es einen Austausch gab, etwa zur Art der Kriegsführung. Als beispielsweise die deutsche Kolonialherrschaft einsetzte, ab den 1880ern, gab es Leute wie Hermann von Wissmann, der die Kolonialarmee in Deutsch-Ostafrika, der größten deutschen Kolonie, gegründet und geprägt hat. Wissmann hatte vorher im Dienst des belgischen Königs Leopold schon im Kongo entsprechende Erfahrungen gesammelt. Wobei im Übrigen der spätere Name Belgisch-Kongo ein bisschen irreführend ist, da spielten Briten, Franzosen, Niederländer auch eine

Rolle. Die Kolonialherrschaft war immer eine sehr transnationale Sache. Die Historiker Jonas Kreienbaum und Christoph Kamissek verwenden dafür den Begriff „Imperial Cloud“. Der beschreibt dieses Phänomen recht gut, finde ich.

Eine „Cloud“, so wie man sie aus dem Internet-Jargon kennt? Und das vor 130 Jahren?

**Menger:** Es geht, sozusagen metaphorisch, um die Vorstellung, dass es eine Wissensbasis gibt, auf die auf eine bestimmte Weise zugegriffen werden kann, von verschiedenen Imperien aus. Das ist nicht national begrenzt. Es ist zwar oft unklar, wo dieses Wissen von wem wann abgerufen wird. Aber es ist präsent und verbreitet sich. Wie in der Internet-Cloud.

Über die Gewalt, die Deutschland als Kolonialmacht ausgeübt hat, wissen viele Menschen kaum etwas. Ist das ein Problem? Warum sollte man sich damit befassen?

**Menger:** Es ist ein Phänomen, das auch die heutige Welt mitgeformt hat: Die heutige Staatenwelt, die globalen Abhängigkeitsverhältnisse. Das ist schon mal eine wichtige Erkenntnis. Und wenn man davon ausgeht, dass eine Kultur der Erinnerung wichtig ist, wenn man in einer demokratischen Bürgergesellschaft leben will, dann ist es wichtig, sich mit der eigenen Ge-

schichte auseinanderzusetzen – und auch mit Unrecht, das in der Vergangenheit verübt wurde. Das hat Deutschland zumindest mit der Geschichte des „Dritten Reiches“ durchaus erfolgreich geschafft. Und ich denke, es lohnt sich, auch das koloniale Unrecht entsprechend aufzuarbeiten. Außerdem leben in Deutschland ja auch immer mehr Menschen, für die die Gewalt der kolonialen Vergangenheit nicht etwas ist, das man irgendwie ausblenden kann, sondern es ist für viele Zuwanderer, etwa aus Afrika, auch Teil der eigenen Geschichte oder zumindest der Geschichte ihrer Vorfahren. Auch in dem Sinne wäre es wichtig, dass man eine gemeinsame Erinnerungskultur haben kann.

Es gibt ja etliche Leute, die finden, deutsche Historiker und Politiker hätten sich schon genug mit der Gewalt während der Nazidiktatur beschäftigt. Kann man da überhaupt durchdringen, wenn man sich auch noch mit der Gewalt in der deutschen Kolonialzeit beschäftigt?

**Menger:** Dass man da auf Widerstände stoßen kann, das glaube ich durchaus. Aber ich finde, es ist kein Argument zu sagen, wir haben uns intensiv mit der Nazi-Zeit beschäftigt, jetzt müssen wir nichts weiter machen. Gerade wenn man mit einer Epoche der Geschichte durchaus erfolgreich umgegangen ist, wieso sollte man es auch nicht mit anderen können?

Interview: Nikolaus Nützel



**Dr. Tom Menger,**  
Historiker, ist Postdoktorand am Käte  
Hamburger Kolleg global dis:connect  
der LMU.

Prägende Geschichte: „Koloniale Gewalt ist ein Phänomen, das auch die heutige Staatenwelt und die globalen Abhängigkeitsverhältnisse mitgeformt hat“, sagt Tom Menger. Foto: LMU

# Der Schwerpunkt

## Ruf der Wildnis Was die Natur von uns verlangt

Klimakrise und Artensterben sind allgegenwärtige Bedrohungen geworden, nicht nur für den Menschen. Sie gefährden die nichtmenschliche Natur in unserem Umfeld wie auch abseits der technisierten Welt – in der Wildnis. Aber was sehen wir in diesem Begriff überhaupt? Ein schützenswertes Refugium für die Natur? Eine Ressource für den Klimaschutz? Den letzten Rest des Unbe-zähmbaren? Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der LMU nehmen den Begriff aus ihren Disziplinen in den Blick. Und machen deutlich, was es für unsere Zukunft bedeuten kann, ihn zu klären.





Infektionen, die von Tieren auf den Menschen übergehen, nehmen zu. Was können wir dagegen tun?

Prof. Dr. Gerd Sutter, Virologe



Das Naturschutzrecht ist reformbedürftig. Warum brauchen Tiere und Pflanzen einen Rechtsvertreter?

Prof. Dr. Jens Kersten, Jurist



Entwickeln Kinder, die im Regenwald aufwachsen, ein anderes Konzept von Natur als westliche Stadtkinder?

Dr. Francesca Mezzenzana, Anthropologin



Domestikation gilt als Erfolgsgeschichte. Warum dauerte es so lange, Tiere und Pflanzen zu zähmen?

Prof. Dr. Joris Peters, Paläoanatom



Leben tief unter dem Meer folgt eigenen Gesetzen. Warum hat Zeit dort eine andere Bedeutung?

Prof. Dr. William Orsi, Geobiologe



Leben mit der Wildnis: Warum ist der Autor Henry David Thoreau gerade wieder so in Mode?

Prof. Dr. Klaus Benesch, Literaturwissenschaftler



# Auf dem Sprung

Mers, Vogelgrippe, Corona, Affenpocken: Infektionskrankheiten, die von Tieren auf den Menschen übergehen, nehmen zu. LMU-Virologe Gerd Sutter erklärt, woran das liegt und was man dagegen tun kann.

Von Janosch Deeg

Das Angebot auf dem Seafood-Market in Wuhan ist überwältigend: Fisch ohne Ende, Hummer, Krabben, Shrimps, Muscheln und was der Ozean eben noch so alles hergibt. Und anders als der Name des Marktes vermuten lässt, erwartet die Besucher auch ein reichhaltiges Angebot an Landtieren: Hunde, Ratten, Schlangen, Echsen, Vögel und so weiter. „Wegen des explosionsartigen Bevölkerungswachstums bleibt den Menschen in China gar nichts anderes übrig, als jegliche Proteinahrung zu verwerten“, sagt Gerd Sutter, Fachtierarzt für Mikrobiologie und Professor für Virologie an der LMU. Auch in anderen Teilen der Erde sind Menschen auf Wildtiere als Nahrungsquelle angewiesen. „In einigen Ländern Afrikas ist zum Beispiel Buschfleisch ein gängiger Bestandteil des Speiseplans.“

## Kaum ein Jahr vergeht ohne einen neuen Ausbruch

Prinzipiell sei nichts dagegen einzuwenden, wenn der Fleischkonsum über Rind, Schwein und Huhn hinausgeht. Aber problematisch ist laut Sutter, dass damit die Kontaktzonen von Wildtieren und Menschen zahlreicher werden. Denn so erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass Zoonosen auftreten – Infektionskrankheiten also, die vielfach von Viren, aber auch von Bakterien, Parasiten und ande-

ren Krankheitserregern verursacht und wechselseitig zwischen Tieren und Menschen übertragen werden. Dass Zoonosen verheerende Folgen haben können, ist spätestens seit Corona jedem klar. Vieles spricht nämlich dafür, dass die Pandemie im November und Dezember 2019 auf dem Markt in Wuhan ihren Anfang nahm – vermutlich in einem Bereich, in dem Händler lebende Wildtiere verkaufen. Noch immer ist allerdings unklar, von welchem Tier Sars-CoV-2 auf den Menschen überging. Bisherige Studien weisen auf Fledermäuse als Virusreservoir hin. Ob allerdings ein anderes Tier als Zwischenwirt fungierte, ist immer noch Gegenstand der Forschung.

Ungeachtet der offenen Fragen zum Ursprung von Covid-19, gab es in den letzten zwei Jahrzehnten etliche Beispiele für Zoonosen: Sars, ebenfalls ein Coronavirus und auch bekannt als Sars-CoV-1, wurde 2002 von Schleichkatzen übertragen – Tieren übrigens, die auch auf dem Markt in Wuhan angeboten werden. Dann folgten Schweine- sowie Vogelgrippe, Ebola von Flughunden, Mers von Dromedaren oder das unter Affen zirkulierende Zikavirus. Und kaum war die Coronakrise auch nur einigermaßen überwunden, machten Affenpocken die Runde. Müssen wir also damit rechnen, dass sich das Zoonosen-Karussell in Zukunft immer schneller dreht?

„Zoonosen sind Naturereignisse, die es immer schon gegeben hat“, stellt Sutter

klar. Die Erreger an sich nähmen nicht zu, durchaus aber die Übergänge auf den Menschen, so der Virologe: „Seit rund zwei Jahrzehnten vergeht praktisch kein Jahr mehr, in dem wir nicht ein neues Ausbruchsgeschehen feststellen.“ Neben dem Verzehr von Wildtierfleisch gibt es für diese Entwicklung etliche weitere Gründe, zum Beispiel „die Zunahme der Wirtspopulation“, wie Sutter es nennt. Er vergleicht die Menschen auf der Erde mit Bakterien auf einer Kulturplatte. „Wenn die Bakterien sich zu sehr vermehrt haben, kommen irgendwann die Bakteriophagen – also Viren, die ausschließlich Bakterien infizieren – und vernichten 99 Prozent der Population.“ Soll heißen: Durch das Bevölkerungswachstum steigt die Wahrscheinlichkeit, dass sich Menschen mit ohnehin schon vorhandenen Erregern aus der Tierwelt infizieren. Und im schlimmsten Fall ist irgendwann ein Virus dabei, das uns fast alle tötet.

## Immer mehr der natürlichen Barrieren gegen die Erreger fallen

Hinzu kommt, dass der Mensch immer weiter in die natürlichen Lebensräume der Wildtiere vordringt, um Rohstoffe abzubauen und landwirtschaftliche Nutzflächen zu erschließen. Man denke etwa an die Abholzung der Urwälder in vielen Teilen der Erde. „Dort treffen wir auf Krankheitserreger, mit denen wir vorher nie etwas zu tun hatten“, erklärt Sutter.





Markt in Wuhan: Vieles spricht dafür, dass die Coronapandemie im November und Dezember 2019 dort ihren Anfang nahm. Wenn der Fleischkonsum über Rind, Schwein und Huhn hinausgeht, so warnt der LMU-Virologe Gerd Sutter, werden die Kontaktzonen von Wildtieren und Menschen zahlreicher. Foto: Hector Retamal/AFP via Getty Images



Bei der Ebolafieber-Epidemie in Westafrika von 2014 bis 2016 konnten Forscherinnen und Forscher zum Beispiel fast minutiös nachverfolgen, wo die Epidemie ihren Anfang nahm: Im Hinterland von Guinea hatten Waldarbeiter dichte Urwaldzonen gerodet und damit eine natürliche Barriere zu den wachsenden Siedlungen entfernt. Im Dezember 2013 sprang das Virus dann von einer kleinen Fledermaus auf einen zweijährigen Jungen über, der wenig später an der Infektion starb. Bis zum März 2014 erfassten die Behörden in südöstlichen Waldgebieten Guineas Dutzende weitere Fälle. Über mehrere westafrikanische Länder verbreitete sich die Krankheit dann auch erstmals außerhalb Afrikas.

Neben den vermehrten Berührungspunkten zwischen Menschen und Wildtieren fördert die Erderwärmung das Auftreten von Zoonosen. Denn veränderte klimatische Bedingungen können dazu führen, dass sich sogenannte Vektoren, Überträger von Infektionskrankheiten also, neue Lebensräume erschließen. Wegen der mildereren Temperaturen ist zum Beispiel die Zeckenart *Hyalomma marginatum* bereits in einigen Ländern Europas aufgetaucht. Die Tiere übertragen das Krim-Kongo-Fieber, eine gefährliche Viruserkrankung, die hohes Fieber, Kopf-, Glieder- und Muskelschmerzen, Übelkeit und auch schwere Blutungen hervorruft. Auch Stechmücken, die eigentlich in exotischen Regionen heimisch sind, siedeln sich hierzulande vermehrt an – etwa die Asiatische Tigermücke, die etliche Tropenkrankheiten wie das Chikungunya-Virus oder das Dengue-Fieber weitergibt.

Zusätzlich begünstigt der mitunter enge Kontakt des Menschen zu Wirtstieren Krankheitsausbrüche. So sprang etwa das Mers-Virus, das in Dromedarherden in Wüstengebieten auf der arabischen Halbinsel zirkuliert, vereinzelt auf deren



## Der Mensch dringt immer weiter in die Lebensräume von Wildtieren vor: »Dort treffen wir auf Erreger, mit denen wir vorher nie etwas zu tun hatten.«

Halter über und verbreitete sich dann von ihnen weiter. Ähnlich wie Sars-CoV-2 verursacht dieser Erreger beim Menschen eine schwere Atemwegsinfektion.

Ein Grund für das vermehrte Auftreten von Zoonosen ragt laut Sutter aber heraus: „Die Mobilität des Menschen hat in den vergangenen zwei Jahrzehnten stark zugenommen – sicherlich ein absoluter Schlüsselfaktor“, sagt er. Auf diese Weise könnten sich selbst Erreger auf dem gesamten Globus verbreiten, die natürlicherweise das Potenzial dazu gar nicht hätten, erklärt der Virologe. Als Beispiel nennt er die eigentlich kaum ansteckenden Affenpocken. Dass das Virus dennoch in unterschiedlichen Teilen der Erde aufgetaucht ist, liege lediglich an der globalen Vernetzung, so Sutter. „Die rasche Verbreitung hat sogar uns Experten überrascht.“

### Wie das West-Nil-Virus Im Flieger komfortabel nach New York gelangte

Die zunehmende Reisetätigkeit und der weltweite Geschäftsverkehr führen auch dazu, dass Vektoren der Krankheiten auf Reisen gehen. Als Beispiel nennt Sutter den Handel mit gebrauchten Autoreifen. In ihnen sammeln sich bisweilen kleine Wasserreste, in denen Mücken ihre Eier ablegen. Auf Schiffen fährt die Ware dann über die Ozeane, während sich die Larven entwickeln. So verbreitete sich in den 1980er- und 1990er-Jahren die Aedes-Mücke, deren Stich das Dengue-Fieber weitergeben kann. Komfortabler reiste das West-Nil-Virus, das im Jahr 1999 mit einer Stechmücke im Flieger nach New York gelangte. Schnell gab es die ersten infizierten Vögel im Stadtbereich, und innerhalb weniger Jahre verbreitete sich das Virus über den gesamten amerikanischen Kontinent.

Die Zunahme der Zoonosen ist für den Infektionsmediziner Sutter jedoch kein Grund zur Panik. Er mahnt dennoch zur Vorsicht und fordert eine vernünftige Vorbereitung. „Man muss permanent mit Infektionsereignissen rechnen, und wir Virologen wissen, dass es noch viel unschönere Viruserkrankungen gibt als Affenpocken oder Covid-19.“ Die gute Nachricht ist: „In den letzten beiden Jahrzehnten haben unsere technischen Fähigkeiten in der virologischen Forschung rasant zugenommen.“ In kürzester Zeit könne man zum Beispiel die vollständige Genomsequenz von einem Erreger identifizieren, so Sutter. Zu Beginn der Coronakrise untersuchten Forscherinnen und Forscher der LMU wöchentlich Abwasserproben aus dem Münchner Stadtgebiet auf Viren. Damit ließ sich einerseits die Verbreitung von Sars-CoV-2 verfolgen. Andererseits erhielt man anhand der Sequenzierung des Erbguts Informationen über neue Varianten des Virus. Solche Überwachungsmechanismen sind in Pandemiezeiten extrem wertvoll, um rasch mit entsprechenden Maßnahmen auf das Infektionsgeschehen reagieren zu können.

Genetische und molekulare Informationen bilden außerdem die Grundlage für die Entwicklung von Medikamenten und Impfstoffen, weil sie charakteristische Strukturen des Erregers und somit potenzielle Angriffspunkte offenlegen. Eine wirksame Impfung muss zum Beispiel sogenannte Antigene des Erregers enthalten, anhand derer sich das Immunsystem trainieren lässt. „Die Impfung ist aus

meiner Sicht das allerbeste Mittel gegen Infektionserkrankungen“, sagt Sutter.

Gezeigt hat das die Coronapandemie: Hier waren die Vakzine der „Gamechanger“, und die jahrelange Forschung an der mRNA-Technologie hat sich bezahlt gemacht. Dabei dient die RNA als Bote und schleust die genetische Information für den Aufbau eines Proteins in die Zelle. Allerdings ist das Coronavirus auch prädestiniert für die neue Technik, weil ein einziges Merkmal des Erregers – das Spike-Protein – ausreicht, um im Körper eine ausreichend starke Antikörperantwort hervorzurufen. Bei vielen anderen Erregern ist das nicht der Fall – etwa bei den Pockenviren. „Deren Biologie, Aufbau und Lebenszyklus sind komplex und wirksame Impfstoffe benötigen mehr Virusproteine als die gegen Coronaviren“, erläutert Sutter.

### Die gute Nachricht ist: Wir können uns auf Ausbrüche vorbereiten

Mit der Impfstoffplattform, die Sutter und Kollegen entwickelt haben und die auf einem nicht mehr vermehrungsfähigen Impfpockenvirus basiert, lassen sich bis zu zehn verschiedene Antigene eines Erregers integrieren. Einerseits arbeitet das Team damit bereits an Vakzinen gegen Viren, die künftig gefährlich werden könnten, etwa Mers- oder auch Grippeviren. Andererseits wollen die Forscherinnen und Forscher die Impfstoffplattform so etablieren, dass sie sich rasch an un-



„Man muss dauernd mit Infektionsereignissen rechnen“, sagt Gerd Sutter. „Und wir Virologen wissen, dass es noch viel unschönere Viruserkrankungen gibt als Affenpocken oder Covid-19.“ Die Impfstoffforschung soll helfen, dagegen gewappnet zu sein. Arbeiten mit Zellkulturen. Fotos: Jan Greune





Impfstoffforschung: Gerd Sutter hat zusammen mit Kollegen eine Plattform entwickelt; auch damit soll es möglich sein, deutlich schneller als in der Vergangenheit Vektorvakzine gegen neue Erreger zu entwickeln. Die in Rekordzeit designten mRNA-Impfstoffe, sagt der Virologe, seien der „Gamechanger“ in der Coronapandemie gewesen. Foto: Jan Greune

bekannte Erreger anpassen lässt. Ein Vorteil der Vektorimpfstoffe gegenüber den mRNA-basierten Versionen ist, dass sie stabiler und länger haltbar sind, vermutlich wäre eine Bevorratung von Notfallimpfstoffen über Jahrzehnte möglich. Zudem ist ihre Herstellung technologisch einfacher, weshalb sie auch in ärmeren Ländern produziert werden können.

Aber Impfstoffe sind natürlich nicht alles. Bereits um die Jahrtausendwende war Sutter als Experte an der Ausarbeitung eines nationalen Pandemieplans beteiligt. Darin empfahlen die Autoren zum Beispiel, Schutzkleidung vorrätig zu halten oder das Gesundheitssystem auf einen Ernstfall vorzubereiten. Offenkundig wurden solche Empfehlungen bislang meist nicht umgesetzt. Sutter plädiert dafür, auch in solche Formen der Gesund-

heitsvorsorge zu investieren und nicht nur an betriebswirtschaftliche Aspekte zu denken. Investitionen in Prävention können auch ökonomisch sehr sinnvoll sein.

Und vielleicht noch wichtiger als nationale Maßnahmen sind globale; bei der Weltgesundheitsorganisation propagiert man dafür das „One Health“-Prinzip – dies bedeutet: Da die Gesundheit von Mensch, Tier und Natur voneinander abhängen, gilt es, sowohl die Umwelt zu schützen als auch die Veterinärmedizin und die öffentliche Gesundheit zu fördern.

Eine bessere Gesundheitsversorgung in ärmeren Ländern würde beispielsweise helfen, Infektionskrankheiten gleich vor Ort einzudämmen. Laut Sutter ließe sich aber noch mehr machen: „Wir sollten Gesellschaften in die Lage versetzen, dass

sie auf den Verzehr von Wildtierfleisch verzichten können. Das würde manche Epidemie schon verhindern.“ Doch trotz aller Maßnahmen wird es immer wieder zu Ausbrüchen kommen, so der Experte. Die gute Nachricht ist: Wir können uns darauf vorbereiten.

**Prof. Dr. Gerd Sutter**

ist Inhaber des Lehrstuhls für Virologie am Institut für Infektionsmedizin und Zoonosen der LMU. Sutter, Jahrgang 1962, studierte Tiermedizin an der LMU, promovierte ebendort und ging als Postdoktorand an die National Institutes of Health, Bethesda, USA, bevor er sich an der LMU im Fach Virologie habilitierte. Sutter leitete eine Forschungsgruppe am Institut für Molekulare Virologie des Helmholtz Zentrums München und die Abteilung für Virologie am Paul-Ehrlich-Institut in Langen, ehe er 2009 den Ruf an die LMU annahm.

# Kindheit im Dschungel

Entwickeln Kinder, die im Regenwald aufwachsen, ein anderes Konzept von Natur als westliche Stadtkinder? Ja, meint die Anthropologin Francesca Mezzenzana und arbeitet an einer weltweit ersten Vergleichsstudie.

Von Stefanie Reinberger

Grün, grün, grün, so weit das Auge reicht. Bäume, Büsche, Lianen in vielfältigen Schattierungen, dazwischen bunte Tupfen von Blüten und riesigen Schmetterlingen. Der Regenwald im Amazonas-Gebiet Ecuadors gilt als eine der artenreichsten Regionen der Welt: Unzählige Vogelarten, vom kleinsten Kolibri bis zu den mächtigen Harpyien, einer der größten Greifvogelarten der Welt, beeindruckende Säugetiere wie Jaguar, Affen, Faultiere, Tapir, Gürteltiere und Seekühe, aber auch Reptilien wie Kaimane oder riesige Anacondas.

## Stark geprägt von den Prozessen der Globalisierung

Doch es ist nicht das Naturschauspiel, das Francesca Mezzenzana immer wieder in die Urwälder Ecuadors zieht. Es sind die Menschen, die dort zum Teil weit abgeschieden inmitten des unendlichen Grüns leben. Menschen, aus dem Volk der Runa, für die es selbstverständlich ist, dass Bäume denken und selbst Regenwürmer miteinander kommunizieren. Menschen, die sich sicher sind, dass im Wald übersinnliche Wesen existieren, die ihnen etwa im Traum erscheinen und Befehle erteilen. Mezzenzana ist Anthropologin und reist bereits seit 2011, also seit ihrer Zeit als Doktorandin an der London School of Economics and Political Sci-

ence, immer wieder in das Amazonas-Gebiet. Dort lebt sie dann bei Freunden und deren Familien aus dem Volk der Runa – mal in eher stadtnaher Umgebung, mal weit abgeschieden im Dschungel. Sie erforscht, wie sie ihre Umwelt wahrnehmen und sich als Individuen in ihrer Gemeinschaft entwickeln.

Seit Sommer 2021 ist sie am Rachel Carson Center für Umwelt und Gesellschaft der LMU tätig – mit einem ambitionierten Projekt: „Wir wollen wissen, wie sich die Umgebung von Kindern darauf auswirkt, welche Beziehung sie zu Tieren und Pflanzen entwickeln, also zur nicht-menschlichen Natur“, umschreibt sie es in Kürze. Gehen Kinder, die im Dschungel des Amazonas aufwachsen, anders mit ihrer Umwelt um als Altersgenossen, die beispielsweise in München groß werden und in den behüteten Räumen ihrer Kita oder auf Spielplätzen toben und Tiere eher aus Büchern oder vom Zoobesuch kennen als aus ihrem Alltag?

Dass Francesca Mezzenzana mit dem Motorboot oft mehrere Tage braucht, um die entferntesten dieser Siedlungen zu erreichen, heiße zwar, dass die Runa physisch fernab großer Agglomerationen leben. Das bedeute aber nicht, dass sie keine Verbindung zur globalen Welt hätten, stellt sie klar. Einige der Gemeinschaften leben von der Subsistenzwirtschaft und der Jagd, aber der Alltag praktisch jedes Einzelnen ist stark von den Prozessen der Globalisierung geprägt.

Die Jugendlichen besuchen zweisprachige Schulen, sprechen Spanisch und Amazonian Kichwa, eine regionale Form des Ketschua; auch Mezzenzana kommuniziert in beiden Sprachen mit den Runa. Sie hat Kichwa im Laufe der Jahre gelernt. Die Jugendlichen sind vertraut mit digitaler Technologie und sozialen Medien. „Ein interessanter Mix“, findet die Anthropologin

## Was steuert das Verhalten gegenüber unserer Umwelt?

Welche Beziehung Kinder in ihrer Umwelt zu Tieren und Pflanzen entwickeln – solche Fragen sind besonders vor dem Hintergrund des Artensterbens und des Klimawandels relevant. Denn wenn es darum geht, wie wir in Zukunft mit unserem Planeten umgehen wollen, gilt es auch herauszufinden, was das Verhalten gegenüber unserer Umwelt steuert. Und gerade hier können wir möglicherweise viel von den Völkern lernen, deren Lebensweise so eng verwoben ist mit der anderer Lebewesen. Nicht umsonst war Ecuador das erste Land, das 2008 Naturrechte in seiner Verfassung verankert hat. Das trägt der Tatsache Rechnung, dass indigene Völker die Natur beziehungsweise Teile der Natur personifizieren. Entscheidungen über Straßenbau, Abholzung zu wirtschaftlichen Zwecken oder Ausbeutung natürlicher Ressourcen erhalten so eine andere Bedeutung – und







»Es ist für mich unvorstellbar, dass sich die enge Beziehung der Kinder zu Lebewesen nicht auf ihre weitere Entwicklung auswirkt.«

Eine andere Kultur: Für Menschen aus dem Volk der Runa ist es selbstverständlich, dass Bäume denken; sie sind sich sicher, dass im Wald übersinnliche Wesen existieren. Francesca Mezzenzana untersucht, wie Kinder im Regenwald mit der Natur zu leben lernen. Foto: Oliver Jung



kommen möglicherweise zu einem anderen Ergebnis. Umgekehrt lässt sich argumentieren, dass die Sichtweise der Menschen in westlichen Industrienationen, die die Natur zum Objekt macht, einen Anteil hat an Zerstörung, Klimawandel und Artensterben. Wer keine Beziehung hat zu Tieren, Pflanzen und Ökosystemen, wird sie möglicherweise eher ausbeuten und engagiert sich weniger für ihren Schutz, gerade dann, wenn dies einen gewissen Verzicht auf Luxus und Annehmlichkeiten verlangt.

Mezzenzana hat dies selbst bei ihren Aufenthalten bei den Runa immer wieder erlebt. „Ein Schlüsselerlebnis war für mich, als ich vor einigen Jahren erstmals mit meinem damals vier Monate alten Sohn dort war“, erinnert sie sich. Sie sei damals völlig übermüdet gewesen. Eine Frau aus dem Dorf war an sie herantreten und hatte ihr wie selbstverständlich erklärt, sie würde das Baby jetzt für einige Wochen mitnehmen und sich darum kümmern, damit Mezzenzana schlafen und ihrer Arbeit nachgehen könne. Die gebürtige

anderen Personen im Dorf ihre Kinder an“, sagt sie. „Und letztlich nehmen die Kinder hierbei keinen offensichtlichen Schaden, sondern wachsen zu gesunden und glücklichen Mitgliedern ihrer Gesellschaft heran.“ Das solle nicht heißen, dass unsere Vorstellungen von Bindung und verlässlicher Bezugsperson falsch seien. Aber man müsse in Betracht ziehen, dass dies womöglich nicht der einzige Weg ist, der Menschenkinder gut heranwachsen lässt.

**»Die Kinder der Runa lernen ganz anders als Kinder bei uns. Erwachsene dort bringen ihnen eigentlich nicht ausdrücklich Dinge bei oder halten sie dazu an, über ihr Verhalten nachzudenken. Wenn ein Kind fischen lernen will, geht es zum Fluss und probiert es so lange, bis es klappt.«**

Anders als in den  
behüteten Räumen  
einer deutschen Kita

„Die Kinder der Runa lernen auch ganz anders als Kinder bei uns in Mitteleuropa oder in den USA“, berichtet Mezzenzana. „Erwachsene bringen Kindern eigentlich nicht ausdrücklich Dinge bei oder halten sie dazu an, über ihr Verhalten nachzudenken.“ Vielmehr lernen die Kleinsten dort im Dschungel durch Ausprobieren. „Wenn ein Kind fischen lernen will, geht es zum Fluss und probiert es so lange, bis es klappt“, erzählt die Anthropologin. „Und die Erwachsenen haben Vertrauen in das Kind und seine Fähigkeiten – auch wenn das heißt, es am Fluss allein zu lassen.“

Vor diesem Hintergrund kann es entscheidend werden für die Zukunft der Menschheit, dass wir die Lebens- und Denkweise anderer Kulturen nicht nur neugierig beobachten. Wir müssen uns auch darüber klar werden, dass andere Völker andere Sichtweisen und Philosophien vertreten – damit aber nicht falsch liegen müssen. Weil es mehrere Weisen geben kann, eine Situation zu betrachten. Und weil vielleicht verschiedene Lösungswege zum selben Ziel führen.

Italienerin war entsetzt, wie es wohl die meisten Europäerinnen gewesen wären. „Ich bin bei der Vorstellung ausgeflippt, das kam für mich auf keinen Fall infrage“, sagt sie. „Aber keiner meiner Runa-Freunde hat meine Reaktion verstanden, für sie war das Angebot völlig normal.“

Die Wissenschaftlerin hat ihr Baby bei sich behalten. „Aber diese Situation hat mich auch zum Nachdenken gebracht, denn die Runa vertrauen immer wieder

Es scheint naheliegend, dass Kinder sich in einer solchen Gesellschaft anders erleben als die (über)behüteten Kleinen in München, Rom oder New York. Welchen Unterschied mag es also für die Beziehung der Kinder zur Natur machen, wenn sie ganz natürlich mitten in ihr aufwachsen? Ganz anders als viele Kinder in westlichen Industrienationen, die in speziellen Unterrichtseinheiten Bewusstsein und Verantwortung für die Natur lernen sollen, weil sie in ihrem alltäglichen Umfeld nur wenig Berührungspunkte mit Wildtieren und Pflanzen haben?



Seit 2011 reist Francesca Mezzenzana regelmäßig in den Regenwald Ecuadors, mitunter in weit abgelegene Siedlungen. Sie studiert dort das Leben und Denken der Runa, inmitten einer undurchdringlichen Natur. Fotos: Franks Mayancha





Tatsächlich sind sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler uneins darüber, wie sehr das Ausmaß, in dem Kinder in ihrem natürlichen Umfeld mit Tieren und Pflanzen interagieren, ihr späteres Konzept von der Natur prägt. Die landläufige Annahme ist, dass Kinder überall auf der Welt ein vergleichbares Verständnis für physikalische oder biologische Phänomene mitbringen, das eigentliche Konzept dagegen erst später durch Erziehung und Gesellschaft geprägt wird.

Für diese Annahme spricht eine ganze Reihe von Studien. Diese belegen, dass bereits Säuglinge mit ihrem Blick eher belebten Wesen folgen als unbelebten. Und dass sie irritiert sind, wenn Bausteine im Bild in einer Art und Weise übereinandergestapelt sind, dass sie eigentlich – der Schwerkraft folgend – abstürzen müssten. Das Problem solcher Studien ist aber, dass an ihnen in der Regel ausschließlich Babys aus westlichen Industrieländern teilnehmen. „80 Prozent der Menschheit allerdings leben nicht in westlichen Städten“, sagt Francesca Mezzenzana. Die Ergebnisse solcher Studien lassen sich daher nicht unbedingt generalisieren.

Francesca Mezzenzana will hier einen Schritt nach vorne machen und hat eine große vergleichende Studie konzipiert. Gemeinsam mit ihren Mitarbeitern wird sie in den nächsten Jahren ganz verschiedene Kinder beobachten; solche, die bei indigenen Völkern im Amazonasgebiet Ecuadors oder in Chile in einer naturverbundenen Umgebung aufwachsen, solche, die in einem urbanen Umfeld in den USA großwerden, aber auch Kinder aus einem Ökodorf in Italien, die zwar nach den Maßstäben westlicher Industrienationen leben, aber deren Umfeld besonderen Wert auf bewusste Umwelterziehung legt. „Das ist die weltweit erste vergleichende anthropologische Studie,

die dieser Fragestellung nachgeht“, unterstreicht Mezzenzana die Bedeutung ihres Forschungsvorhabens.

Die Wissenschaftlerin ist überzeugt davon, dass das Umfeld einen deutlichen Einfluss hat auf die Konzepte, die Kinder in Bezug auf die nichtmenschliche Natur entwickeln – und darauf, wie sie sich ihr gegenüber verhalten. Dennoch: Auf die einfache Formel „naturnahe Umgebung und personalisierte Natur gleich umweltbewusstes Verhalten“ lässt sich die Sache vermutlich nicht herunterbrechen. So weiß man aus archäologischen Untersuchungen, dass bereits vor Jahrtausenden Jäger und Sammler irreversible Spuren in der Natur hinterlassen haben – wenn auch nicht mit dem Ausmaß heutiger Eingriffe.

### Empathie für Tiere und Pflanzen aus der alltäglichen Umgebung

Mehr noch: Allein die Grundannahme, dass Tiere und Pflanzen Gefühle und Wünsche haben, führt noch nicht zum „Umweltschutz“, um es auf einen westlichen Begriff zu bringen. Das hat Mezzenzana in einer früheren Studie herausgefunden. Dazu hat sie mit Runa-Familien zusammengelebt und die Kinder beim Spielen und Geschichtenerzählen beobachtet. „Zuerst habe ich mir angeschaut, wie sich Kinder nichtmenschliche Wesen vorstellen, dann habe ich untersucht, wie sie im Alltag Empathie für sie aufbringen konnten“, erklärt Mezzenzana. Dabei stellte sich heraus, dass die Kinder Tieren und Pflanzen zwar Handlungsfähigkeit zusprachen, dies aber nicht zwingend zu einer größeren Fürsorge für alle Arten von Lebewesen führt. Empathie ist eben nicht gleichbedeutend mit Sympathie oder Fürsorge. Interessant auch: Während die Dschungelkinder eher Empathie

für Tiere und Pflanzen aus ihrer alltäglichen Umgebung aufbringen, fühlen sich westliche Kinder häufig aus Sympathie mit Löwen, Giraffen oder Walen verbunden – Tieren, die sie nur aus Filmen und Büchern kennen.

### Nicht nur ein Zoobesuch ab und zu oder ein Bilderbuch vom Bauernhof

Mezzenzana ist überzeugt, dass ein Aufwachsen inmitten der Natur bei Kindern andere Spuren hinterlässt als ein gelegentlicher Zoobesuch oder ein Bilderbuch vom Bauernhof. Im letzten Sommer war die Forscherin wieder im Urwald in Ecuador. Dort verbrachte sie unter anderem eine ganze Woche mit einer Mutter und ihrem wenige Monate alten Säugling und nahm die beiden für spätere Analysen auf Video auf. Das Kind verbrachte nur wenig Zeit im Haus und beschäftigte sich nur äußerst selten mit einem herkömmlichen Spielzeug. „Meistens war es draußen in der Natur auf dem Boden und hat selbst im Haus mit Pflanzen, Käfern oder Eidechsen gespielt“, berichtet Mezzenzana. „Es ist für mich unvorstellbar, dass sich diese enge Beziehung zu Lebewesen nicht auf die weitere Entwicklung des Kindes auswirkt.“

#### Dr. Francesca Mezzenzana

ist Fellow am Rachel Carson Center für Umwelt und Gesellschaft (RCC) an der LMU. Mezzenzana, Jahrgang 1987, studierte Anthropologie am University College London. Ihren Ph.D. in Anthropologie machte sie an der London School of Economics and Political Science (LSE). Mezzenzana war Postdoc am Laboratoire d'Anthropologie Sociale am Collège de France in Paris und der University of Kent, Canterbury, Großbritannien, bevor sie 2021 nach München kam. Für ihre Arbeiten am RCC wird sie mit einem Freigeist-Fellowship der VolkswagenStiftung gefördert.

# Die fremde Welt der Tiefe

Auch noch Meilen unter dem Meer existiert Leben. Mikroorganismen schaffen dort eigentümliche Ökosysteme. Geobiologe William Orsi erkundet diese faszinierende Wildnis im fernen Dunkel, in der Zeit eine andere Bedeutung hat.

Von Nicole Lamers

Weite, schlickige Ebenen bedecken Millionen Quadratkilometer Meeresboden der Tiefsee. Weit weg von der Oberfläche der Ozeane, in Tiefen von bis zu 6.000 Metern, herrschen extreme Bedingungen. Kälte, absolute Dunkelheit und immenser Druck stellen jegliches Leben dort vor riesige Herausforderungen. Die oberste Schicht dieses weichen Schlammes kommt dabei noch mit frischem Wasser in Kontakt, darunter beginnt eine große, noch weitgehend unbekannte Wildnis. Forschende wie William Orsi nennen sie die tiefe Biosphäre. Und die ist alles andere als leblos: Mit Bohrkernen aus Tiefseesedimenten haben Forschende Einzeller zutage gefördert, ebenso Bakterien, Archaeen, Pilze und Viren. Wenn jemand unten in den dicken Schlammsschichten und sogar bis in das Gestein darunter vegetieren kann, dann sie: Mikroorganismen gehören zu den flexibelsten und facettenreichsten Lebewesen der Erde.

In der Unterwelt der Ozeane gilt es vor allem, genügsam zu sein. „Die Zellen der Bakterienarten in den Tiefseesedimenten sind vergleichsweise klein“, erzählt William Orsi, LMU-Professor für Geowissenschaften, Paläontologie und Geobiologie. „Außerdem läuft ihr Stoffwechsel zehntausendmal langsamer als bei Bakterien, die an der Oberfläche leben.“ Beides spart Energie, denn die Wassermassen des offenen Meeres über diesen Sedi-

menten sind sehr unproduktiv und energiereiche organische Verbindungen, die als Nahrung dienen könnten, sind unter dieser blauen Wüste absolute Mangelware. So führen die Organismen im Meeresboden ein sehr langsames Leben am untersten Energie-Limit.

Es ist ein Dasein in extremer Zeitlupe. Während sich beispielsweise Bakterien normalerweise im Tages- oder Stundenrhythmus teilen, schaffen es die schnellsten Arten der Tiefsee alle paar Monate. Manche brauchen Jahre oder womöglich sogar Jahrhunderte und erreichen dabei ein extrem hohes Alter – zumindest in gewisser Weise. „Die Zellen erneuern sich in ihren Bestandteilen mit der Zeit Stück für Stück komplett – sie sind also praktisch nicht mehr die Alten.“ Kann man das Altern nennen? Dieser Lebensraum, so Orsi, dehnt den Begriff von den Grenzen des Lebens weit aus.

## Das kostbare Gut aus den Bohrkernen geht an Forschende in aller Welt

Der Geobiologe will solchen Gesetzmäßigkeiten auf die Spur kommen. „Wenn wir Schlammproben an die Oberfläche holen, können wir Rückschlüsse auf die Stoffwechselraten der darin gefundenen Organismen ziehen“, sagt Orsi. „Man muss allerdings aufpassen, denn Bakterien wachsen häufig schlagartig sehr schnell, wenn man sie aus dem Tiefsee-

schlamm in eine neue Umgebung bringt.“ Unter den extremen Bedingungen am Grund des Meeres sieht das anders aus. Forschende nehmen daher auch biochemische Marker in den Sedimentschichten als Indizien zu Hilfe – Spuren des Lebens und Sterbens ihrer Bewohner. „Generell ist bei der Analyse der Bohrkerns stets eine Kurve zu sehen, die Anzahl lebender Zellen nimmt mit zunehmender Sedimenttiefe deutlich ab“, so Orsi. Je tiefer man in die Schichten vordringt und je älter die Sedimente damit sind, desto rarer wird das Leben. „Irgendwann ist dann die Sterberate in einer Population höher als die Wachstumsrate – und für einige Mikroorganismen bedeutet dies für lange Zeit sozusagen ein Leben an der Grenze zum Tod.“

Der abgelegene Lebensraum bringt auch Forschende an Grenzen: Nur durch gute Zusammenarbeit gelingt es internationalen Teams, die technisch anspruchsvollen und teuren Bohrungen in der Tiefsee zu stemmen. „Was den Aufwand angeht, sind die einzelnen Bohrungen vergleichbar mit jenen, mit denen auch die Erdölindustrie – natürlich in größerem Stil – nach neuen Lagerstätten sucht“, so Orsi. Deswegen gehen Proben aus den kostbaren Bohrkernen an Forschende auf der ganzen Welt. Sie stehen noch vor vielen Fragen rund um die Lebensgemeinschaften der Finsternis. Beispielsweise ist noch weitgehend unbekannt, wie die Kooperation zwischen den Arten funktioniert, denn Tiefseeschlamm ist sehr fein-





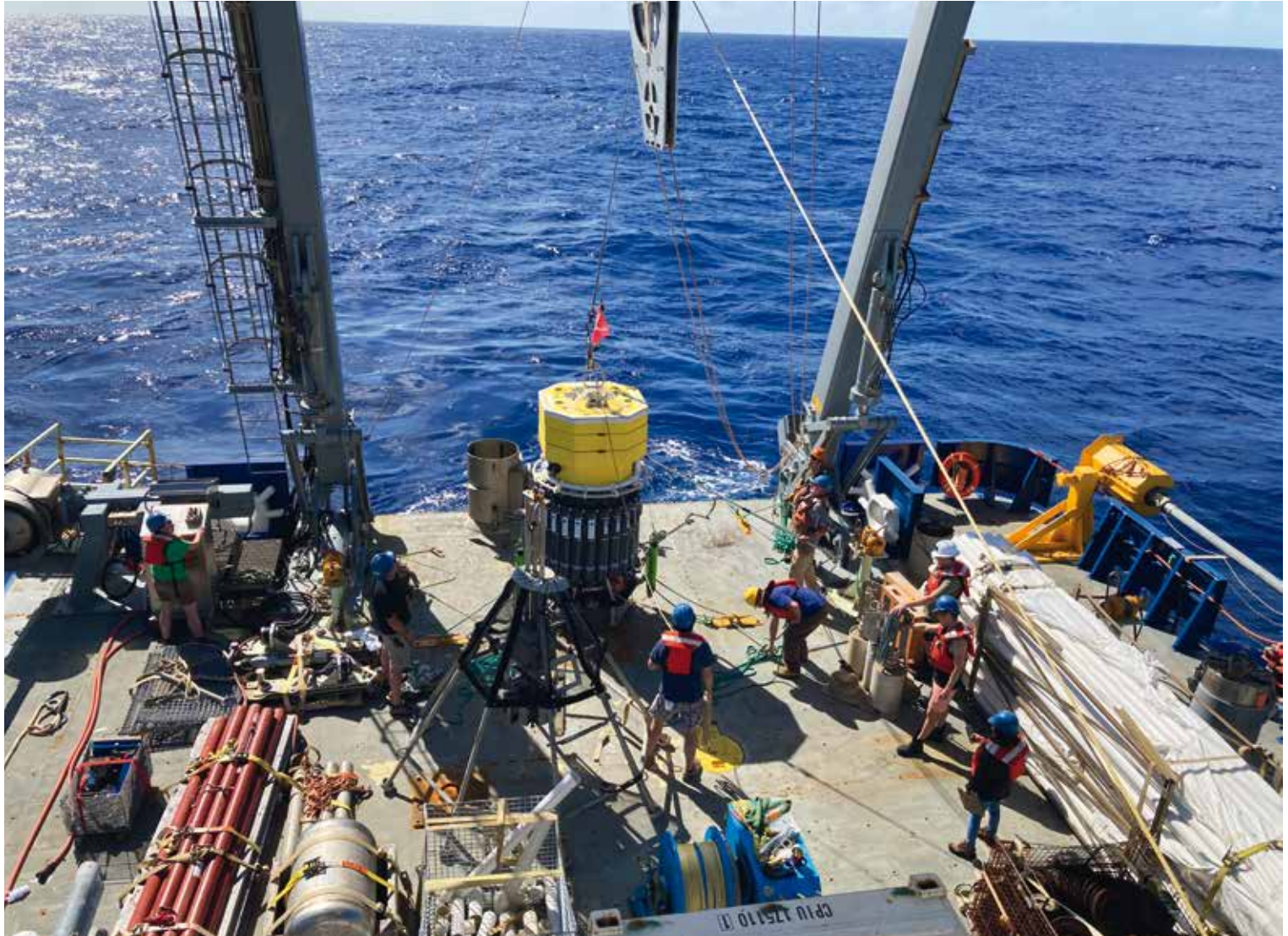


»Wir haben definitiv die Nachweisgrenze unserer bisherigen Methodiken erreicht. Aber ich glaube nicht, dass wir damit bereits die Grenze des Lebens ausgelotet haben.«



Schlamm aus der Tiefe: „Wenn wir Proben an die Oberfläche holen, können wir Rückschlüsse auf den Stoffwechsel der darin gefundenen Organismen ziehen“, sagt William Orsi. In seinem Labor untersucht er die Überlebenskünstler in den Sedimenten. Fotos: Oliver Jung





Auf der Suche nach dem Limit des Lebens: Bohrungen in die Sedimente des Tiefseegrabens vor Puerto Rico, mit rund 8.000 Metern die tiefste Meeresregion des Atlantischen Ozeans. Foto: William Orsi

porig. Das isoliert die Organismen unter der Oberfläche nicht nur von der Welt darüber, sondern auch voneinander. „Tatsächlich geht man derzeit davon aus, dass sich die einzelnen Organismen in dem Schlamm unter der Tiefsee wohl eher wenig bewegen“, sagt Orsi.

Dennoch bilden Bakterien, Archaeen, Pilze und Viren wahrscheinlich ein komplexes und vernetztes Ökosystem. „Es

gibt Hinweise auf Syntrophie zwischen verschiedenen Bakterien und Archaeen“, sagt Orsi. Was also der eine produziert, kann der andere verwerten. Viren lauern indes als sogenannte Prophagen im Genom der Einzeller und schlagen vor allem dann zu, wenn ihre Wirte in Stress geraten. „Von dem Tod der Wirtszellen profitieren andere Individuen, die durch virusinduzierte Auflösung frei gewordene Zellbestandteile nutzen.“ Angesichts des

extremen Nahrungsmangels spielen Viren so vermutlich eine wichtige ökologische Rolle. Auch Pilze verwerten solche freigeordnete organische Masse und bauen sie zu anorganischen Materialien ab.

Überbordende Biodiversität sucht man hier unten allerdings vergeblich. Die kargen und teilweise bis auf die darunterliegende Erdkruste sauerstoffdurchdrungenen Sedimente unter der offenen See, wie

# »Die Ökosysteme in den Tiefsee-Sedimenten scheinen sich seit Jahrmillionen nicht verändert zu haben, nicht auf kurzfristige Klimaschwankungen zu reagieren.«

etwa den weiten Ebenen unter dem Nordatlantik, geben nicht viel her. „Die Artenvielfalt in den Sedimenten der Tiefsee ist viel niedriger als die in den Meeresböden in flacherem Wasser wie der Nordsee oder auch im Erdboden auf dem Festland.“ Auch sind die Lebensgemeinschaften unter der Tiefsee alles andere als reich an Individuen. Anders als in küstennahen Gebieten jedenfalls, in denen das Meer durch den Einfluss des Landes nährstoffreicher und damit produktiver ist; es setzen sich mehr organische Sedimente ab. Das wiederum führt zu weniger Sauerstoff im Meeresboden. Unter diesen nahrungsreichen Bedingungen gedeiht eine vergleichsweise üppige Lebensgemeinschaft am Meeresboden mit einer Ansammlung anaerober Mikroorganismen ein paar Zentimeter tiefer.

## Bis zu welcher Tiefe im Boden unter dem Meer ist Leben überhaupt möglich?

Doch nicht nur die Nähe zum Land prägt die Gemeinschaften. „Es ist außerdem sehr wahrscheinlich, dass sich ihre Zusammensetzung und ihre Diversität in verschiedenen Regionen und Breitengraden voneinander unterscheidet. Das zeigt sich, wenn man Bohrkerne etwa aus dem Meer vor Alaska und solche aus der Karibik vergleicht.“ Es spricht zudem vieles dafür, dass auch die Wassertiefe die Mikrobengemeinschaft des Meeresbodens beeinflusst. „Wir wissen leider bisher nicht viel darüber und planen daher an einem Tiefseeabhang mehrere Bohrungen in Wassertiefen zwischen 3.000 und 8.000 Metern“, erzählt Orsi.

Bis zu welcher Tiefe im Boden unter dem Meer ist Leben überhaupt möglich? Die Suche nach diesem Limit, berichtet Orsi, ist noch nicht abgeschlossen. Bisher wurden noch mehr als zwei Kilometer unter

dem Meeresboden lebende Zellen gefunden. „Allerdings nur in sehr geringen Konzentrationen – wir haben dabei definitiv die Nachweisgrenze unserer bisherigen Methodiken erreicht. Aber ich glaube nicht, dass wir damit bereits die Grenze des Lebens ausgelotet haben.“ Irgendwann jedenfalls nimmt die Hitze aus dem Erdinneren so sehr zu, dass die Mikroorganismen zu kochen beginnen. Dann ist endgültig Schluss, auch für die hartnäckigsten Überlebenskünstler.

Doch was hat sie überhaupt in diese tiefsten Tiefen verschlagen? Die meisten dieser Arten tief im Sediment sind auch auf dem Meeresboden und selbst im Wasser darüber zu finden. Vermutlich hielten einige Organismen stand, während sie durch den Druck des herabrieselnden Sediments über Jahrmillionen Meter um Meter hinuntergedrückt wurden. „Es war wohl so, dass besser angepasste Individuen bis in große Tiefen überlebt haben, während die meisten anderen, die darin gefangen waren, schon starben.“ Dabei entstanden sehr stabile Ökosysteme, die offenbar schon Millionen von Jahren überlebt haben. William Orsi hat zum Beispiel herausgefunden, dass die Lebensgemeinschaften in den sauerstoffdurchdrungenen roten, schlammigen Meeresböden mitten im Nordatlantik seit bis zu 15 Millionen Jahren von Archaeen dominiert werden. Diese einzelligen Mikroorganismen haben eine einzigartige Strategie, mit der sie in diesen extremen Bedingungen überleben können: Sie gewinnen die dafür nötige Energie aus der Oxidation von Ammoniak.

So abgeschottet vom Rest der Welt, wie diese Mikroorganismen vegetieren: Werden sie auf Dauer von all den Umwelteinflüssen unberührt bleiben, die Land und Meere, den ganzen Planeten, so dramatisch verändern? „Ich glaube, größtenteils schon“, sagt Orsi. „In flacheren Meeresregionen sehen wir in den Sedimenten durchaus Einflüsse von Klimaveränderungen – wie etwa den Eiszeiten – auf die Gemeinschaften von Mikroorganismen.“ Nicht so in den Tiefseesedimenten: „Diese Ökosysteme und ihre Bewohner scheinen sich seit Jahrmillionen nicht verändert zu haben, nicht auf kürzerfristige Klimaschwankungen zu reagieren.“ Ist dieser Lebensraum, diese Welt der Extreme, auch in Zukunft die letzte unberührte Wildnis? Das womöglich nicht, mutmaßt Orsi. „Die Tiefsee ist reich an Rohstoffen wie etwa Metallerzen, und es gibt bereits Ambitionen, Manganknollen in großem Stil vom Meeresboden zu fördern.“ Wer könne wissen, was dann aus den Ökosystemen dort und seinen Bewohnern wird.

## Prof. Dr. William Orsi

ist Professor am Department für Geo- und Umweltwissenschaften, Paläontologie und Geobiologie der LMU. Orsi, Jahrgang 1984, studierte Biologie an der Temple University in Philadelphia, USA. Promoviert wurde er am Biologie-Department der Northeastern University, Boston, USA. Er forschte am Department für Geologie und Geophysik sowie am Department für Marine Chemie und Geochemie der Woods Hole Oceanographic Institution in Woods Hole, Massachusetts, USA, und am University of Maryland Center for Environmental Science in Cambridge, Maryland, USA, bevor er 2016 an die LMU kam.



# Das Grundrecht des Fuchses

Der Jurist Jens Kersten hält das deutsche Rechtssystem für „grundlegend ökologisch reformbedürftig“. Er plädiert dafür, die Natur selbst zum Rechtssubjekt zu machen – im Verfassungsrang.

Von Anja Burkel

An Paragrafen mangelt es nicht. Der deutsche Staat schützt seine Natur und ihre Tiere in verschiedensten Rechtsvorschriften, sie beziehen sich bisweilen sehr detailliert auf deutsche Landschaften, von den Sandstränden der Nordseeküste über die Wälder der Mittelgebirge bis hinab zu den bayerischen Alpen. Mehr noch: Der Staat hat den Umweltschutz sogar als Staatsziel im Grundgesetz verankert. Dennoch attestiert Jens Kersten dem deutschen Rechtssystem „grundlegenden ökologischen Reformbedarf“. Insbesondere die bisherige Staatszielbestimmung in Artikel 20a des Grundgesetzes hält der Münchner Jurist für veraltet: „Denn sie kennt nur einen Akteur: den Staat. Allein der Staat entscheidet bei uns, ob, wie und vor allem wie weit Natur und Tiere zu schützen sind.“ Kersten sieht Handlungsbedarf. Der Jurist, Inhaber des Lehrstuhls für Öffentliches Recht und Verwaltungswissenschaften an der LMU, plädiert energisch dafür, die Natur selbst zum Rechtssubjekt zu machen.

Jens Kersten ist damit Teil einer weltweiten Bewegung von Juristinnen, Juristen und Umweltschutzorganisationen, die dem Naturschutz auf Verfassungsebene mehr Gewicht und der Umwelt Grundrechte geben wollen. „Die Philosophie ist es, nicht länger den Menschen als einzigen Akteur und die Natur als Objekt anzusehen, sondern eine Relation der beiden auf Augenhöhe zu schaffen.“

Das Thema schwelt bereits seit den Siebzigerjahren. Der Grund, warum Jens Kersten gerade jetzt dazu wissenschaftliche Artikel schreibt und ein Buch mit dem Titel *Das ökologische Grundgesetz* publiziert, ist „ganz klar die Klimakatastrophe: Uns steht kein Klimawandel bevor, wir befinden uns schon mitten in der Katastrophe.“ Es bedürfe daher „mehr als einer Staatszielbestimmung im Grundgesetz, die praktisch nichts taugt“.

## Das deutsche Naturschutzrecht – „chaotisch und unübersichtlich“

Denn in Artikel 20a heißt es lediglich: „Der Staat schützt auch in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen und die Tiere im Rahmen der verfassungsmäßigen Ordnung durch die Gesetzgebung und nach Maßgabe von Gesetz und Recht durch die vollziehende Gewalt und die Rechtsprechung.“ Aber diese Bestimmung sei „juristisch viel zu weich formuliert“.

Zudem sei das deutsche Naturschutzrecht bislang so „chaotisch und unübersichtlich“ wie die Wildnis, die es eigentlich schützen soll. Zwar gebe es gerade in den Gesetzen der ostdeutschen Länder neue Ansätze zum Verhältnis von Natur und Eigentum. „So haben Brandenburg, Sachsen und Sachsen-Anhalt, den ökologisch innovativen Anregungen der ostdeutschen Bürgerrechtsbewegung fol-

gend, die Eigentumsgarantie ausdrücklich unter den Vorbehalt des Schutzes der natürlichen Lebensgrundlagen gestellt.“ Und auch die Europäische Union bringe innovative Regelungen hervor – vor allem, was Umweltinformationen, Umweltverträglichkeitsprüfungen oder Klagerechte von Umweltverbänden angehe.

Aber diese griffen noch immer zu kurz, genau wie das Prinzip der „intertemporalen Freiheitssicherung“, die das Bundesverfassungsgericht in seiner Klimaentscheidung von 2021 eingeführt hat, sagt Kersten. Sie verpflichtet den Gesetzgeber, Voraussetzungen für künftigen Klimaschutz und damit grundrechtliche Freiheiten für spätere Generationen zu schaffen, etwa indem wir fossile Brennstoffe möglichst zurückhaltend nutzen. „Aber das kann nur ein Startschuss sein bei den drängenden Problemen, die wir bereits jetzt haben: das Artensterben, die Klimakatastrophe, die globale Vermüllung.“

Auch das Wertprinzip der Nachhaltigkeit, das auf der Abwägung sozialer, ökonomischer und ökologischer Interessen basiert, sei überholt: „Die Natur wird nicht mit uns abwägen und verhandeln, nicht über die Biodiversität, nicht über Extremwetter und auch nicht über die Polarschmelzen.“ Kersten spricht daher von „einer ökologischen Notbremse“, die notwendig sei. „Wir müssen unsere Lebensgewohnheiten fundamental ändern, und ein zentraler Baustein dessen ist eine ökologische Transformation, eine Revolution unserer



„Natürlich klingt das alles höchst ungewohnt. Aber wir haben uns an Unternehmen als juristische Personen gewöhnt – warum geht das nicht bei der Natur?“, fragt Jurist Jens Kersten. Foto: Oliver Jung

Verfassungsordnung“, so Kersten. „Nachdem in vergangenen Revolutionen Bürgerrechte und soziale Rechte erstritten wurden, brauchen wir nun eine dritte, eine ökologische Revolution, in der die Ökologie auf Verfassungsebene befördert wird.“

### Vorbild Ecuador: Geschützte „Pacha Mama“

Vor allem Ecuador geht, was dieses Prinzip angeht, voran. Dort steht der Natur per Verfassung das Recht auf umfassenden Respekt ihrer Existenz, ihrer Lebenskreisläufe und ihrer evolutionären Prozesse zu. Die ökologischen Kreisläufe erhalten damit Grundrechte, die von Bürgerinnen und Bürgern nicht nur Ecuadors, sondern der ganzen Welt per Popularklage erstritten werden können. „Der Grund, warum Umwelt gerade dort so umfassend

geschützt ist, sind die sehr starken indigenen Einflüsse auf die Gesetzgebung nicht nur Ecuadors, sondern auch Chiles und Boliviens“, erklärt Kersten. Als ‚Pacha Mama‘ – Mutter Erde – wird Natur dort bezeichnet. „Das ist ein ganz anderes, nicht-westliches Verständnis von Natur.“

Zur Frage, wie eine solche Revolution in Deutschland aussehen könnte, gibt es zwei Ansätze. Der eine plädiert dafür, die entsprechende Passage aus der ecuadorianischen Verfassung einfach der deutschen Staatszielbestimmung anzuhängen. Kerstens Weg wäre jedoch ein anderer. „Ich würde die Ökologie zunächst in die Fundamentalnorm des Art. 20 Abs. 1 GG aufnehmen. So würde sie, neben dem Demokratie-, Rechts- und etwa dem Sozialstaatsprinzip, zur DNA unseres Staates werden und sich in seiner gesamten Verfassungsorganisation zeigen.“ Konkret würde das etwa bedeuten, so Kers-

ten, dass alle Staatsorgane unseres parlamentarischen Regierungssystems neue ökologische Funktionen bekämen. „Beispielsweise müsste dann der Bundestag einmal im Jahr eine ökologische Haushaltsdebatte führen und die Umweltministerin ein Widerspruchsrecht gegen ökologisch bedeutsame Entscheidungen der Regierung erhalten.“ Zudem würde Kersten neue Grundrechte wie das auf ökologische Integrität oder das Recht auf Umweltinformationen verankern. Schließlich aber – und das sei zentral – würde er die Umwelt als Rechtssubjekt mit eigenen, einklagbaren Grundrechten anerkennen.

Jens Kersten knüpft dabei an Artikel 19 Absatz 3 unserer Verfassung an, demzufolge juristische Personen sich auf Grundrechte berufen können, „die dem Wesen nach auf sie anwendbar sind“. So haben „ökonomische“ juristische Personen wie Aktiengesellschaften und GmbHs zwar



## »Die Philosophie ist, nicht länger den Menschen als einzigen Akteur und die Natur als Objekt zu sehen, sondern eine Relation der beiden auf Augenhöhe zu schaffen.«

kein Grundrecht auf Bewegungsfreiheit, wohl aber auf Wirtschaftsfreiheit und etwa Eigentumsgarantie. „Und was im Falle von totem Kapital geht, müsste doch erst recht bei der lebendigen Natur funktionieren“, so Kersten. „Mit einer Regelung für ‚ökologische Personen‘ könnte Tieren wie etwa einem Fuchs das Grundrecht auf Leben, Bewegungsfreiheit und körperliche Unversehrtheit zustehen, Ökosystemen wie Wald oder Gewässern auf Integrität oder die Unverletzlichkeit ihrer ‚Wohnung‘. Bestehenden Grundrechten menschlicher Personen und wirtschaftlichen Interessen würden damit effektivere Schranken gesetzt.“ Nicht alle Grundrechte, die dem Menschen zustehen, würde Kersten allerdings auf die Natur übertragen. „Die Unantastbarkeit der Würde in Artikel 1 GG sollte für den Menschen reserviert bleiben. Das hat mit dem Holocaust und dem Zweiten Weltkrieg auch historische Gründe.“

Die Frage, welche Elemente der Natur nun als juristische Person ganz konkret anerkannt werden, muss der Gesetzgeber beantworten. Dabei kommt ihm ein Gestaltungsspielraum zu. Kersten hält es insofern für möglich, Tiere grundsätzlich als individuelle Rechtspersonen anzuerkennen. Auch bei charismatischen Pflanzen wäre dies seiner Auffassung nach angezeigt, während nicht-charismatische Pflanzen als Teil eines Ökosystems geschützt werden, also beispielsweise eines Flusses oder einer Landschaft, die selbst wiederum als ökologische Person anerkannt werden können. Gras zu mähen oder Gänseblümchen zu pflücken, wäre demnach in Ordnung, ihre Landschaft dagegen zu vergiften ein Grundrechtsverstoß. „Auch Umweltmedien wie Luft, Klima und Wasser ließen sich dann als juristische Personen anerkennen“, so Kersten.

„Natürlich klingt das alles höchst ungewohnt. Aber wir haben uns an Unterneh-

men als juristische Personen gewöhnt – warum geht das nicht bei der Natur?“, fragt Jens Kersten. Parallelen sieht er in der Digitalisierung, die beispielsweise mit Blick auf autonome Formen der Künstlichen Intelligenz die Anerkennung neuer elektronischer beziehungsweise digitaler (juristischer) Personen erforderlich mache. Für die Natur wären indes auch ökonomische Rechte denkbar, findet Kersten. „Viele Menschen lächeln, wenn ich das sage, aber: Warum soll der Naturpark nicht der Natur gehören?“ Wie der Besitz „ökologischer Personen“ verwaltet werden könne, müsse in einem neuen ökologischen Gesetzbuch ausgestaltet werden.

„Nur wer klagen kann, wird auch im politischen Verfahren gehört“

Als juristische Personen hätten Löwe, Ökosystem oder Mammutbaum ein Klagerrecht. „Das ist zentral. Nur wer in unserer liberalen Gesellschaft klagen kann, wird auch im politischen Verfahren gehört. Und erst dann ändert sich die Gesellschaft.“ Der Sinn läge, so Kersten, nicht darin, dass die Natur immer Recht bekomme, sondern dass sie ihre Konflikte mit anderen Rechten fairer austragen könnte.

Jedes Lebewesen, jede Pflanze bräuchte dann bei Problemen einen juristischen Vertreter. Als Rechtsvertreter etwa eines Mammutbaums oder eines Wildtiers könnte der Gesetzgeber im Konfliktfall einzelne Personen bestellen, bei komplexeren Systemen Verbände. Er könnte aber auch Popularklagen zulassen wie in Ecua-

dor. „Bei großen Ökosystemen wie der Elbe oder dem Rhein könnte dann weltweit jeder klagen: gegen Gift, das in den Fluss geschüttet wird, gegen Bauvorhaben, gegen eine geplante Begradigung.“

Natürlich können schon jetzt Naturschutzverbände gegen Umweltzerstörungen klagen. „Aber das geschieht nicht oft genug, um allen Umweltproblemen gerecht zu werden.“ Erst mit mehr juristischen Konflikten entstünde eine Dynamik, die zur ökologischen Transformation des Rechtssystems beitragen würde. Den „Fridays for Future“-Aktivistinnen und -Aktivisten empfiehlt Kersten daher, Jura zu studieren – und dann „das ökologische Grundgesetz für das 21. Jahrhundert“ zu schreiben. „In einem solchen könnten Bürgerinnen und Bürger Umweltschutz effektiv einfordern und notfalls einklagen; die Natur würde eine eigene Stimme bekommen.“ Viele Stimmen, genau genommen. Denn Strände, Wälder und Tiere könnten dann, gewissermaßen selbst, gegen ihre Zerstörung vor Gericht ziehen.

### Prof. Dr. Jens Kersten

ist Inhaber des Lehrstuhls für Öffentliches Recht und Verwaltungswissenschaften an der LMU. Kersten, Jahrgang 1967, studierte Rechtswissenschaften in Heidelberg, Leeds (Großbritannien) und Bonn. Die Juristischen Staatsexamina legte er in Köln beziehungsweise Berlin ab. Kersten wurde an der Humboldt-Universität zu Berlin promoviert, wo er sich auch habilitierte. Er war Professor an den Universitäten Dortmund und Bayreuth, bevor er 2008 nach München kam. 2012/13 war Kersten Carson Professor am Rachel Carson Center für Umwelt und Gesellschaft der LMU.

# Lange Zeit der Zähmung

Die Geschichte der Domestikation: Es war ein weiter Weg von den wilden Vorfahren bis zu den uns vertrauten Nutztieren. Der Paläoanatom Joris Peters untersucht die wechselvolle Beziehung zwischen Mensch und Tier, die beide Partner prägte.

Von Nicole Lamers

Lange Zeit in seiner Geschichte war der Mensch allein unterwegs. Kein Hund, keine Katze, kein Hamster und auch kein Fisch im Aquarium begleiteten ihn. Und in seiner Nähe befanden sich auch keine Ställe und Weiden mit Rindern, Schweinen, Schafen oder Hühnern. Warum aber begann eigentlich die inzwischen jahrtausendelange Beziehung von Mensch und Tier, die manchmal von tiefer Innigkeit geprägt ist, oft aber auch von kühler, rein wirtschaftlich ausgerichteter Nutzenbetrachtung? Hat der Homo sapiens eines Tages einfach beschlossen, den Kreaturen die Wildheit auszutreiben? Letzteres kann die Forschung heute mit einem klaren Nein beantworten. „Man kann mit einiger Berechtigung die Frage stellen, wer hier eigentlich wen gezähmt hat“, sagt Joris Peters, LMU-Professor für Paläoanatomie an der Tierärztlichen Fakultät. „Die Domestikation war außerdem ein langer Prozess, der je nach Tierart recht unterschiedlich ablief.“

Der Wolf wurde bereits sehr früh zum Gefährten des Menschen: Jäger und Sammler knüpften vor 15.000 oder gar mehr Jahren die ersten Bande, und so begleitet uns der Hund als unser ältestes Haustier schon seit der Altsteinzeit. Doch damit ist er eher eine Ausnahme, der Prozess der Domestikation, mit dem etwa Schwein, Schaf, Ziege und Rind zu Haustieren wurden, begann vor gut 10.500 Jahren am oberen Euphrat im heutigen Anatoli-

en, als der Mensch in der Region des Fruchtbaren Halbmonds sesshaft wurde. Hühner hingegen ergänzten den Nutztierbestand erst viel später. Sie stammen vom Bankivahuhn (*Gallus gallus*) ab, das im frühen zweiten Jahrtausend vor Christus in Südostasien domestiziert wurde. Nach Europa gelangte das Haushuhn dann vor etwa 2.800 Jahren.

Um die Domestikationsgeschichte verschiedener Tierarten rekonstruieren zu können, sind Forscherinnen und Forscher vor allem auf archäologische Funde in Form von Knochen und Zähnen angewiesen. „Ich kann nur analysieren, was aus Ausgrabungen zur Verfügung steht“, sagt Joris Peters. Ergänzen lässt sich das durch molekularbiologische Analysen – falls es denn nach so langer Zeit noch möglich ist, aus den Knochen Proteine oder sogar Erbgut zu isolieren. „Die klimatischen Bedingungen für die Erhaltung von DNA sind in Zentralanatolien gut, in Südostanatolien aufgrund der durchschnittlich höheren Temperaturen, die zur Degradation alter Biomoleküle in den Knochen führen, aber sehr schlecht – und genau dort vermuten wir die frühesten Ursprünge der Domestikation.“ Insgesamt ergibt sich ein noch immer lückenhaftes Bild des Domestikationsprozesses, den sich die Forschung jedoch wohl lange Zeit als allzu geradlinig und zielgerichtet vorgestellt hat.

Forscher sehen Domestikation inzwischen vielmehr als Prozess, bei dem der

Mensch über viele Generationen hinweg eine dauerhafte und vor allem wechselseitige Beziehung mit den Tieren einging. An deren Anfang kam wohl erst einmal das Tier zum Menschen und nicht umgekehrt. „Es gibt tatsächlich Tiere, die eine solche Beziehung fast auf natürliche Art und Weise eingehen“, sagt Peters. „Diese Arten werden von menschlichen Siedlungen nahezu angezogen – klammert man den Sonderfall Wolf aus, war das eine wichtige Voraussetzung für die Haustierwerdung.“ Die Domestikation bäuerlicher Wirtschaftstiere wie Rind, Schaf, Ziege oder Schwein setzte also voraus, dass einst mobile Jäger-Sammler-Gruppen zumindest teilweise sesshaft wurden.

## Menschliche Siedlungen bieten Futterquellen

„Siedlungen waren von Anfang an attraktiv für eine Reihe von Kulturfolgern“, erklärt Joris Peters. Denn die Menschen legten rund um ihre Wohnstätten Felder und innerhalb der Siedlung Vorratslager etwa mit Getreide und Hülsenfrüchten an, entsorgten auch ihre Abfälle in unmittelbarer Nähe. Wildschweine zog es vor allem zu den Feldern und Abfallhalden und die Nahrungsvorräte lockten Nagetiere an, sodass sich im Gefolge Wildkatzen neue Jagdreviere in menschlicher Nähe erschlossen. „Als der Mensch begann, Wildgetreide zu kultivieren, und die ersten Felder anlegte, öffnete er eine





Domestikation begann aus Opportunitätserwägungen heraus, sagt Joris Peters, nicht mit dem klaren Ziel, etwa aus Auerochsen Hausrinder zu züchten. Foto: Oliver Jung



»Domestikation ist  
ein Prozess, der  
Hunderte von Jahren  
gedauert haben dürfte.«

Nische für weitere Tiere“, sagt Peters. Wildschafe und Wildrinder kamen, um auf den Anpflanzungen und abgeernteten Feldern zu fressen. In vergleichbarer Weise, aber zeitlich deutlich später „entdeckten“ Wildhühner die Reisfelder Südostasiens als neue Nahrungsquelle, nachdem sich dort im Zuge einer Bevölkerungseinwanderung aus dem Yangtse-Becken der Anbau der Kulturpflanze neu etabliert hatte. „Sich eine ergiebige und dauerhafte Futterquelle erschließen zu können, scheint für Wildtiere das Risiko wert gewesen zu sein, sich in menschliche Nähe zu begeben.“

### Eine neue Beziehung zum Menschen: von der Jagdbeute zum Nutztier

Um seine Ernte zu schützen, machte der Mensch Jagd auf die unerwünschte Konkurrenz – und nutzte sie dabei als willkommene Fleischquelle. Durch bewusste Platzierung von Abfällen ließ sich Jagdbeute auch gezielt anlocken. „So baute sich allmählich eine neuartige Mensch-Tier-Beziehung auf, und womöglich verloren die Tiere ein Stück weit an Scheu, wenn sie in der Nähe eines Dorfes auf Nahrungssuche gingen“, sagt Peters. „Mit der Zeit begannen sie wahrscheinlich auch, sich dort mehr oder weniger permanent aufzuhalten und schließlich sogar fortzupflanzen.“

Während sich die Tiere trotz der Jagd an die Vorzüge des Lebens in menschlicher Nähe gewöhnten, lernte auch der Mensch das enge Zusammenleben schätzen und fing „lebende Vorräte“ ein, was irgendwann in eine permanente Tierhaltung mündete. Waren die Tiere erst einmal unter menschlicher Obhut, war die Verfügbarkeit tierischer Ressourcen vorhersehbarer. Behielt man die tierischen Rohstofflieferanten in der eigenen Siedlung,



## »Man kann mit einiger Berechtigung die Frage stellen, wer hier eigentlich wen gezähmt hat.«

konnte man ihre Bewegungsradien kontrollieren und folglich auch die bei Wildschafen und -ziegen üblichen langen Wanderungen zwischen Sommer- und Winterweiden unterbinden.

Wie der Übergang von der Bejagung zur Einhegung und damit der erste Schritt zum Nutztier genau vonstattenging, ist jedoch noch unklar. „Vermutlich begann es mit Jungtieren – denn das ist schließlich einfacher, als ausgewachsene Exemplare einzufangen“, sagt Peters. Vor allem beim Wildrind erscheint das plausibel. „Wer kann und möchte sich schon tagtäglich um einen ausgewachsenen Auerochsen mit 600 bis 900 Kilo und massiven Hörnern kümmern?“

### Genetisch isoliert von den wildlebenden Artgenossen

Mit der Zeit entdeckte der Mensch dann noch weitere Vorzüge seiner Haustiere, etwa den Nährwert der Milch oder die Arbeitskraft. Langsam setzte sich das neue Lebensmodell durch. „Die Leute in den Kerngebieten der Domestikation im oberen Euphrat-Becken haben wahrscheinlich früh Wissen ausgetauscht“, sagt Peters. „Schließlich geschah das über Hunderte Kilometer hinweg auch mit Werkzeugen oder religiösen Vorstellungen.“ Inwiefern anfangs auch Tiere gehandelt wurden, ist noch unklar, später wurde dies aber zur gängigen Praxis, wie die Verbreitung der Haustierhaltung zeigt.

Ebenfalls schwer festzuhalten ist der Zeitpunkt, von dem an man tatsächlich von domestizierten Tieren sprechen kann. Dafür muss sich eine Population letzten Endes genetisch von den wildlebenden Artgenossen isolieren. Sobald diese Verbindung gekappt ist und die vom Menschen gehaltenen Tiere sich nur

noch untereinander fortpflanzen, entsteht eine neue Teilpopulation. Doch in der Frühzeit der Domestikation gab es zunächst keinen klaren Schnitt zwischen Wild- und Nutztierpopulation: Immer wieder kam es zu Einkreuzungen, weil sich Tiere auf den Weiden ungewollt mit wilden Verwandten verpaarten – oder sich der Mensch bewusst Nachschub aus der freien Wildbahn holte.

Denn erst einmal gab es über Tierhaltung noch viel zu lernen: Wie hält man Tiere in Gefangenschaft? Was hält sie gesund? Gelingt es, sie in Gefangenschaft zu vermehren? „Wir kennen heute knapp 20 Nutztierarten, aber wahrscheinlich gab es vergebliche Versuche mit anderen Arten, von denen wir gar nichts wissen“, sagt Peters. Und auch wenn es klappte, war der Weg bis zu einer effektiven Tierhaltung weit. Dass die Menschen insbesondere in der Frühphase der Domestikation Probleme hatten, können Forschende zum Beispiel anhand der Knochen von Schafen und Ziegen aus der Zeit vor 10.300 bis 9.800 Jahren nachvollziehen: „Wir vermuten, dass die Tiere anfangs auf viel zu engem Raum – wahrscheinlich im Innenhof von Häusern – gehalten und auch nicht optimal ernährt wurden.“ Infolgedessen litten die Tiere unter degenerativen Gelenkschäden; Krankheiten und Parasiten konnten sich ausbreiten, es kam zu Aborten und zu erhöhter Jungtiersterblichkeit – die Herde schrumpfte. Wahrscheinlich war es daher unumgänglich, neue Jungtiere aus der freien Wildbahn einzufangen. Wie einige Jahrhunderte jüngere Funde zeigen, lernte man in Sachen Haltungsbedingungen dazu:

Für Arten mit starkem natürlichem Bewegungsdrang wie Schafe oder Ziegen setzte sich allmählich die weiträumige Weidehaltung durch.

Insgesamt dauerte es lange, bis Nutztiere im heutigen Sinne entstanden. „Auf jeden Fall brauchte es viele Tier- und Menschen- generationen, bis Nutz- und Wildtierpopulationen voneinander abgeschottet waren – Domestikation ist ein Prozess, der Hunderte von Jahren gedauert haben dürfte“, so Peters. „Und dieser Prozess begann aus Opportunitätserwägungen heraus, nicht mit dem klaren Ziel, aus Wildschweinen Hausschweine zu züchten.“

### Grabsteine für Hunde, von traurigen Besitzern mit Gedichten versehen

Ein spezieller Fall ist die Wildkatze, denn sie wurde als effektive Nagetierjägerin geschätzt – lebte aber lange nur neben dem Menschen her. „Warum sollte man auch ein Tier domestizieren, das seine Aufgabe erfüllt – und das, ohne dass man sich darum kümmern muss?“ So entstand die Hauskatze erst spät, die Züchtung als Haustier mit vielen verschiedenen Rassen ist ein Phänomen der Moderne. Dennoch standen Nützlichkeits- erwägungen in der Domestikationsgeschichte nicht immer an erster Stelle: Hühner wurden außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebiets zum Beispiel zunächst nicht gegessen, sondern wegen des prächtigen Gefieders und des Hahnenschreis als „Vogel des Lichts“ verehrt und nach dem Tod bestattet.



Paläoanatom Joris Peters ist angewiesen auf archäologische Funde in Form von Knochen und Zähnen. „Ich kann nur analysieren, was aus Ausgrabungen zur Verfügung steht.“ Foto: Oliver Jung

Auch Grabsteine für Hunde aus römischer Zeit – von den tieftraurigen Besitzern mit Gedichten versehen – zeugen von einer besonderen Mensch-Tier-Beziehung, die von mehr als wirtschaftlichen Überlegungen geprägt war und vermutlich eine sehr lange Geschichte hat. „Emotionale Bande sind in der Vor- und Frühgeschichte relativ schwierig aus dem archäologischen Fundkontext und ohne schriftliche Zeugnisse zu erschließen“, sagt Peters. „Es gibt aber Hinweise – etwa Skelette bestatteter, sehr alter Individuen, die längst nicht mehr nutzbar und fruchtbar waren.“ Wenn das eigene Überleben abhängig sei von Tieren, ver-

wische aber oft die Grenze zwischen Nützlichkeitsabwägungen und emotionaler Bedeutung, verbunden mit täglicher Fürsorge und medizinischer Betreuung.

Angewiesen sind Nutztiere auf diese Fürsorge nicht unbedingt, wie verwilderte Populationen von Pferden, Schweinen, Hunden oder Hühnern zeigen. „Das kommt darauf an, wie stark der Mensch in einer Zuchtlinie Eigenschaften selektiert hat, die das Überleben in freier Wildbahn erschweren“, sagt Peters. „Aber zu allen Zeiten sind Haustiere entwischt und haben sich oft wieder in der freien Wildbahn etablieren können.“ Häufig entwi-

ckeln sich dann wieder Ähnlichkeiten mit den wilden Verwandten – eben das, was beim Überleben in der Freiheit hilft.

#### **Prof. Dr. Joris Peters**

ist Inhaber des Lehrstuhls für Paläoanatomie, Domestikationsforschung und Geschichte der Tiermedizin an der LMU und Direktor der Staatssammlung für Paläoanatomie München. Peters, Jahrgang 1958, belgischer Zoologe, wurde im Jahr 2000 zum Professor an der Tierärztlichen Fakultät ernannt, initiierte später dort die interdisziplinäre Arbeitsgemeinschaft ArchaeoBioCenter. Seit dem 1. Januar 2022 ist er zudem Generaldirektor bei den Staatlichen Naturwissenschaftlichen Sammlungen Bayern (SNSB).



# Der erste Aussteiger

Leben in und mit der Wildnis: Der Literaturwissenschaftler Klaus Benesch über den schillernden Autor und Philosophen Henry David Thoreau und seine Verbindung zur heutigen Generation der Zivilisationsmüden

Von Bernd Graff

Am 12. September 1920 erschien in der *New York Times* ein Artikel, der sich mit der faszinierenden, aber auch sperrigen Persönlichkeit Henry Thoreaus auseinandersetzte. Der Autor, damals schon fast 60 Jahre tot, galt als schillernder Solitär, dem die Menschen gleichermaßen mit Verwunderung wie Bewunderung begegneten; als ein exzentrischer Sonderling, dessen extremer Lebensentwurf und dessen Schriften provozierten, vor allem das Buch *Walden* über seine mehr als zweijährige Auszeit in den Wäldern.

## Eine Ikone der amerikanischen Pop-Kultur

Am 4. Juli 1845, dem amerikanischen Unabhängigkeitstag, hatte der 1817 in Concord, Massachusetts, geborene und 1862 dort auch gestorbene Henry David Thoreau keine drei Kilometer von seinem Geburtshaus entfernt eine Blockhütte im Wald bezogen, die er sich am Walden Pond auf einem Grundstück des Schriftstellers Ralph Waldo Emerson eigenhändig errichtet hatte, die „Walden Hut“. Hier lebte er allein und autark auf etwa zwölf Quadratmetern. Er hielt sporadischen Kontakt zur Gemeinde in Concord, um dort etwa für 2,43 Dollar „zwei Fenster mit Glas (aus zweiter Hand)“ und für vier Dollar „tausend alte Backsteine“ zu kaufen, wie er minutiös notierte. Das

ganze Haus hat ihn demnach 28,12 Dollar gekostet, inklusive Transportkosten: „Das meiste trug ich auf meinem Rücken.“

Der Sohn eines Bleistiftfabrikanten, Harvard-Absolvent und zeitweise Schulmeister, wurde schon zu Lebzeiten ein bekannter Autor, Philosoph und Redner. Klaus Benesch, Inhaber des Lehrstuhls für Nordamerikanische Literatur an der LMU und derzeit „LMU International Research Professor“ an der Harvard University, hat Thoreaus Schriften erforscht. Er nennt ihn in einem Atemzug mit Marlon Brando, James Dean und Elvis Presley und beschreibt ihn als eine „Ikone der amerikanischen Pop-Kultur“, die ihren Status über einen Ort erlangt habe: eben jenen Walden Pond. Ein Ort, der mittlerweile zu einem „Woodstock“ für die „Abenteuer vor der Haustür“ wurde, wie es im Werbeslogan für den *GEO*-Titel *WALDEN* heißt, eine Magazinreihe, die nach Thoreaus Refugium benannt ist.

„Thoreau und sein kompromissloser ‚Way of Life‘“, sagt Benesch, „sind bis heute Inspiration und Vorbild für all jene, die an die Kraft individueller Rebellion, spiritueller Eigenständigkeit und an die Bedeutung eines wachen Bewusstseins für die Umwelt glauben.“ Benesch hat Thoreau und seine ortsgebundene Lebensweise in vielen Essays gewürdigt, etwa zu seiner „Platial Iconicity“ („Where I Have Lived, and What I Lived For?“), im Kontext der „Modern Politics of Space“ („Cultural Im-mobility“), der Konfrontation von Natur

und Kultur („Day and Night“), dem Einfluss auf die amerikanische Architektur („How I Built This“), aber auch zur Erschließung der Welt im Wandern („Modern/s Walking“). Der Literaturwissenschaftler beschreibt auch die unterschiedlichen Textgenres, die Thoreau bedient: Essays, Reden, Reiseberichte, philosophische Schriften, eine Autobiographie, unzählige Seiten Korrespondenz und mehr als 7.000 Seiten Tagebuch-Einträge.

## Ein scharfsinniger Beobachter und Kritiker seiner Gegenwart

Thoreau, den ein Journalist einmal den „Vater aller Aufmüpfigen“ nannte, war kein Schwärmer. Er war ein scharfsinniger Beobachter und Kritiker seiner Gegenwart. So weist er auf die Verquickung der Nordstaaten-Ökonomie mit dem Sklavenhaltetum der Südstaaten hin, rügt, dass auch der Norden an den Plantagen des Südens mitverdient. Sicher, der „erhabene Poet von Flucht und Mysterium“ (SZ) feierte die Schönheit der natürlichen Landschaft, erfreute sich am Spiegeln der Sonne in den ruhigen Gewässern seines Walden Ponds, dem Wiegen der Blüten im Wind. Doch ging es Thoreau zuerst um sein Menschsein und das, was man das „gute Leben“ nennt.

Benesch zitiert aus *Walden*. „Ich zog in den Wald“, schreibt Thoreau, „weil ich den Wunsch hatte, mit Überlegung zu



leben, dem wirklichen Leben näherzutreten, zu sehen, ob ich nicht lernen konnte, was es zu lehren hatte, damit ich nicht, wenn es zum Sterben ginge, einsehen müsste, dass ich nicht gelebt hatte. Ich wollte tief leben, alles Mark des Lebens aussaugen, so hart und spartanisch leben, dass alles, was nicht Leben war, in die Flucht geschlagen wurde.“

Der darin mitschwingende Vorwurf an seine Zeitgenossen, „falsch“ zu leben, machte Thoreau zu Lebzeiten suspekt. Freie Amerikaner, die Unabhängigkeitserklärung der Vereinigten Staaten war ja noch nicht hundert Jahre alt, hielten sich doch für Pioniere des richtigen Lebens in ihrer „Neuen Welt“, waren sie doch darum – wie ein Amerikanist einmal formulierte – in „die Morgenfrische des neuen Kontinents“ aufgebrochen. Thoreaus Zivilisationskritik und -verweigerung erschienen wie Anmaßung.

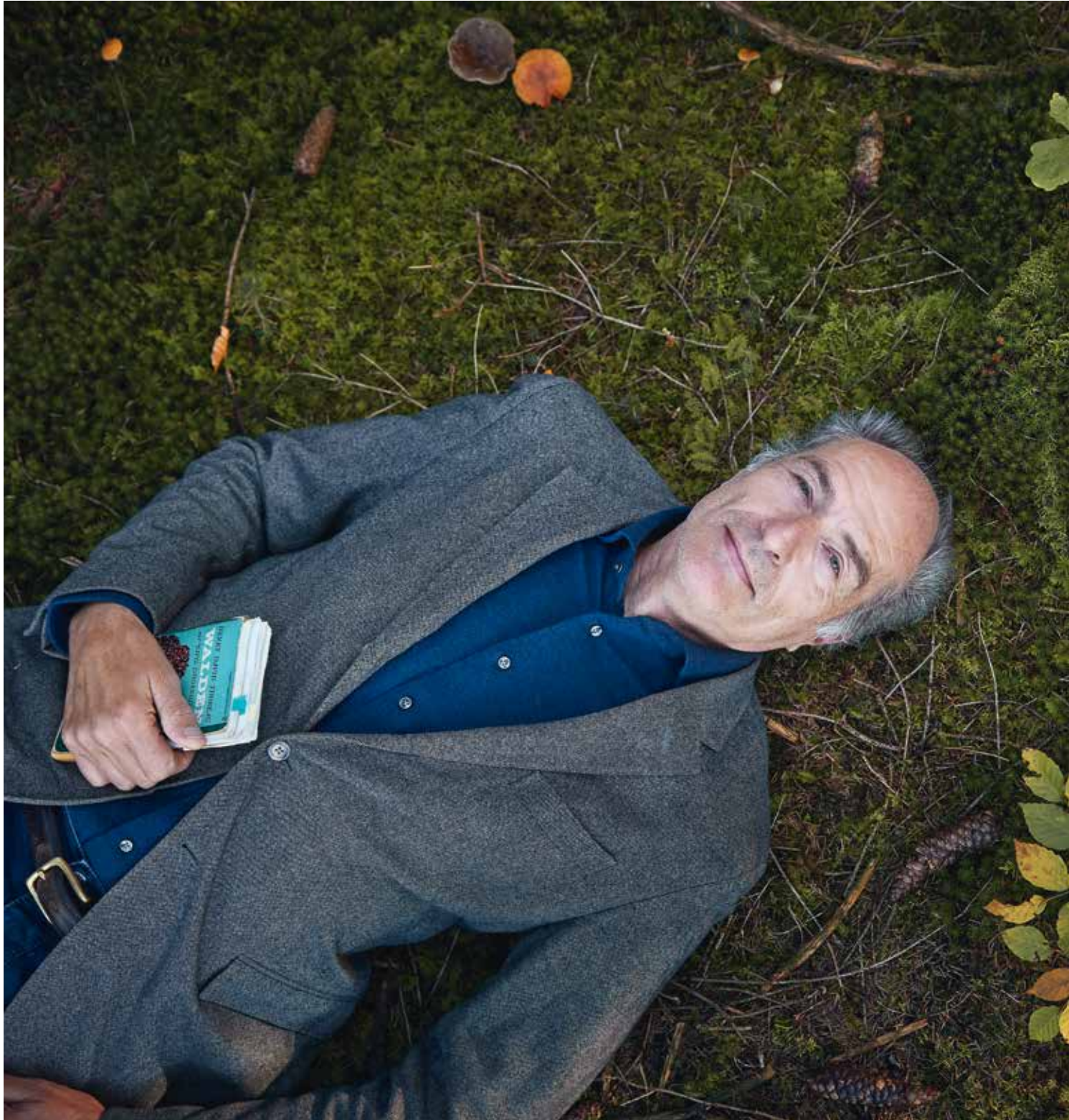
### Leben auf Kosten seines Gönners Waldo Emerson

Er war auch nicht zimperlich. Im ersten *Walden*-Kapitel ist Thoreaus spöttische Charakterisierung einer „conditio americana“ zu finden, die man als Verhöhnung verstehen muss. „Die Menschen kranken an einem Irrtum. Ein scheinbares Verhängnis – gewöhnlich Notwendigkeit genannt – lässt sie glauben, sie müssten Schätze anhäufen, die jedoch die Motten und der Rost fressen oder die Diebe stehlen werden. Sie führen ein Narrenleben, das wird ihnen am Abend ihres Daseins, wenn nicht schon früher klar werden.“

„Mann des Müßiggangs“ ist dagegen der oben erwähnte *New York Times*-Artikel über Thoreau überschrieben. Der habe eine Zeit im Gefängnis verbringen müssen, weil er sich geweigert hatte, Steuern

Abenteuer vor der Haustür: Zwei Jahre verbrachte Henry David Thoreau im Wald, drei Kilometer von seinem Geburtsort entfernt. Foto: Oliver Jung









»Alles, was die natürlichen Kreisläufe von Geben und Nehmen überschreitet und Mensch und Natur nicht gleichberechtigt, wird von Thoreau strikt abgelehnt.«

„Thoreau und sein kompromissloser ‚Way of Life‘“, sagt der Literaturwissenschaftler Klaus Benesch, „sind bis heute Inspiration und Vorbild für all jene, die an die Kraft individueller Rebellion, spiritueller Eigenständigkeit und an die Bedeutung eines wachen Bewusstseins für die Umwelt glauben.“ Foto: Oliver Jung



## »Thoreau fragte sich, was ist das Original an menschlicher Natur und was das Faksimile, die Überwältigung der menschlichen Natur durch Kommerz und Kapitalismus.«

zu zählen. Waldo Emerson, sein Freund und Gönner, habe ihn ausgelöst und dabei gefragt: „Henry! Warum bist du hier?“ Thoreau habe trocken erwidert: „Waldo! Warum bist Du nicht hier?“ Diese „Yankee“-Antwort, so die *Times*, sei „wirklich undankbar“ gewesen, sei doch Thoreaus ganzer Lebenswandel dem Schriftsteller Emerson geschuldet. Der habe ihn unentgeltlich auf seinem Land wohnen lassen und seine Gesellschaftsflucht so erst ermöglicht. „Thoreau lebte nur für seine Vergnügen und arbeitete, wenn es ihm passte.“ Ein „Gammler“ (loafer) sei er gewesen und – ja! – ein „Aristokrat“.

„Die meisten von uns“, so der *Times*-Autor dann aber, „die nach anderer Leute Standards leben, die sich jeden Tag den Kragen eines Berufs umbinden und in die Tretmühlen der Arbeit hinuntersteigen müssen“, könnten die Frivolität von Thoreaus ökonomischer und sozialer Ungebundenheit „nur mit Neid“ ertragen. Eigentlich müsse aber „einem Hund schlecht von uns werden.“ Denn Thoreau sei der Mann gewesen, der wirklich „unabhängig dachte und sich auch so artikulierte.“

Diesen bis heute reichenden Ruhm erlangte Thoreau mit seinen Schriften. Auf der ewigen Bestenliste von Goodreads mit den am häufigsten zitierten englischsprachigen Autoren belegt Thoreau zwischen Malcolm X und Terry Pratchett einen stabilen 45. Platz, „The Quotations Page“ führt ihn an zehnte Stelle (nach Gandhi und Nietzsche, vor Emerson). Sein Sujet, das Leben in nicht angekränkelter Natur, passt auch gut zum Zeitgeist der Gegenwart. Seine Ideen sortieren sich ein zwischen Jean-Jacques Rousseaus Ende des 18. Jahrhunderts artikulierte Zivilisationskritik an der unwahrhaftigen Gesellschaft und dem modernen Maker-Movement mit dem „Whole Earth Catalog“ aus der Mitte des letzten Jahrhunderts: Henry Thoreau ist

heute so etwas wie ein postheroischer Robinson Crusoe im Maker-Space. „Ich hätte der erste oder der letzte Mensch sein können“, heißt es in *Walden*.

### „Nature Writing“: Eine aktuell schicke Rubrik – und ein Boom

Subsumiert werden Thoreaus Schriften unter der aktuell schicken Rubrik „Nature Writing“. Dies, so Klaus Benesch, sei allerdings ein literarischer Schirm, der weit gespannt ist und sowohl Ökologietexte und Naturlyrik, Naturgeschichte und -philosophie, Schriften der Umweltbewegung, Aussteiger- wie Nachhaltigkeitsratgeber, Naturalismus wie Naturmystik umfasst. Die wissenschaftliche Analyse von Ökosystemen, eine pure Zivilisationsverachtung, esoterisches Baumverstehen, die neokonservative Sehnsucht nach dem Eigentlichen, kurz: die vermeintliche Rückkehr zur Authentizität einer unberührten Natur, liegen hier beieinander.

Eine Sehnsuchtswelt: Wie auch der 2020 an die Lyrikerin Louise Glück verliehene Nobelpreis für Literatur belegt, gelten hier die intensive Naturerfahrung, das tiefe Erlebnis von Tages- und Jahreszeiten, Pflanzen, Wetter, Licht und Nacht als Schlüssel zu wahrhaftigen existenziellen Erfahrungen. Achtsame Naturbetrachtung und entschleunigte Innenschau werden zu Synonymen, mitgemeint ist immer die Abkehr von den zerstörerischen Wirkmächten der Kultur und einem auf Hochtouren ins Leere laufenden Kapi-

talismus. Dagegen stehen der Mythos einer seinsgerechten Natur und die Behauptung von Resilienz. Diese vorgebliche Ganzheitlichkeit erinnert stark an das, was die Romantik „Universalpoesie“ genannt hat, das „schlafende Lied in allen Dingen“ (Eichendorff). Trotz seiner Anschlussfähigkeit an viele dieser Vorstellungen wird man dem Denken Thoreaus damit nicht gerecht.

### „Die Künstlichkeit des modernen Lebens – für Thoreau ein zu hoher Preis“

Benesch nennt Thoreau einen „nicht-erobernden Puritaner“, der sich die Natur auch nicht dadurch untertan machen wollte, dass er sie als Spiegel für die eigenen Sehnsüchte nahm und in sie hineinlas, was er zu empfinden glaubte. Thoreau war kein Romantiker. Sein Rückzug in die Wälder war zuerst der Versuch einer Entschlackung von einer als Beschwernis empfundenen Moderne, deren Siegeszug Thoreau bereits im Pfeifen der vorbeifahrenden Lokomotiven am Walden Pond vernehmen konnte. Sein Handeln bestimmte dann die Frage, wie man als Philosoph im Einklang mit seiner Philosophie leben kann. „Geistreiche Gedanken machen noch keinen Philosophen“, schreibt Thoreau in *Walden*. „Vielmehr muß man die Weisheit solchermaßen lieben, dass man nach ihren Vorschriften lebt, ein Leben der Einfachheit, Unabhängigkeit und des Vertrauens. Probleme des Lebens sollen wir nicht nur theoretisch, sondern auch praktisch lösen.“



Eine Zuflucht für 28,12 Dollar, inklusive Transportkosten: „Ich zog in den Wald, weil ich den Wunsch hatte, mit Überlegung zu leben“, schreibt Henry Thoreau über seine Auszeit. Nachbau der Walden Hut, in den 1970er-Jahren. Foto: Frank C. Curtin/AP/Picture Alliance

So wollte Thoreau den Beweis erbringen, dass der Mensch die existenzielle Kluft zwischen intellektueller Not und materiellen Notwendigkeiten überbrücken kann und es ihm in (und trotz) der Moderne gelingt, die Antithese von Kultur und Natur, Mensch und Sein miteinander zu versöhnen. Es war zuerst der Versuch der Rückbesinnung – auf die Grundlagen des Menschen, die ihn in der Welt und nicht gegen sie leben lassen. „Die Künstlichkeit des modernen Lebens“, so Benesch, „ist für Thoreau darum ein zu hoher Preis für die Ausbeutung aller natürlichen Ressourcen.“ Er zitiert aus *Walden*: „Ich ließ meinen Garten völlig ruhen, brachliegen. Ein Mann ist reich im Verhältnis zu all den Dingen, die er nicht besitzen muss.“

„Thoreau“, so Benesch, „fragte sich, wie kann man in der Moderne noch zwischen Oberfläche und Kern unterscheiden, was ist das Original an menschlicher Natur

und was das Faksimile, die Überwältigung der menschlichen Natur durch Kommerz und Kapitalismus“. Seine Antwort auf diese Herausforderungen lautet, so Benesch: „Die kompromisslose, geradezu mönchische Haltung gegenüber jeder Art von materiellem Verlangen. Alles, was die natürlichen Kreisläufe von Nehmen und Geben überschreitet und Mensch und Natur nicht gleichberechtigt, wird von ihm strikt abgelehnt.“ Tho-

reau wollte die Natur nicht empfinden, er wollte sich mit seiner eigenen versöhnen.

Wenn man also Henry Thoreau mit einer Chiffre belegen wollte, dann vielleicht mit der eines metaphysischen Naturalisten, der den Menschen vor dem Angriff der Moderne verteidigen will. Dies allerdings im Namen einer Natur, von der auch Thoreau nur ahnt, dass es sie geben könnte.

#### Prof. Dr. Klaus Benesch

ist seit 2007 Inhaber des Lehrstuhls für Nordamerikanische Literatur an der LMU. Benesch, Jahrgang 1958, studierte an der LMU und wurde auch dort promoviert; Habilitation an der Universität Freiburg. Er war von 2006 bis 2013 Direktor der Bayerischen Amerika-Akademie (München) und hatte Gastprofessuren an der University of Massachusetts (Amherst), Weber State University (Utah), Stanford University, École normale supérieure (Lyon), Université de Bordeaux (Montaigne), Venice International University (San Servolo) und an der Universität St. Gallen (Schweiz). Mitglied in verschiedenen DFG-finanzierten Forschungsverbünden und Forschergruppen, etwa im Sonderforschungsbereich (SFB) „Vigilanzkulturen“. Zuletzt veröffentlichte er *Mythos Lesen. Buchkultur und Geisteswissenschaften im Informationszeitalter* (2021). Derzeit ist Benesch „LMU International Research Professor“ an der Harvard University, Cambridge, USA.



An aerial photograph of the Suez Canal. The canal is a narrow, turquoise waterway cutting through a dry, yellowish-brown landscape. On the left bank, there are patches of green agricultural fields and some small buildings. On the right bank, a large container ship, the Ever Given, is stuck on a sandy embankment, its long hull angled towards the water. The ship's deck is covered with many colorful shipping containers. Several smaller boats are visible in the canal, some moving around the stuck ship. The sky is clear and blue.

# Strategien gegen das Domino-Prinzip

Wenn nur an einer Stelle der Nachschub stockt, drohen die komplexen globalen Lieferketten zu reißen. Die Ökonomin Lisandra Flach untersucht, wie sie sich auch angesichts von Corona und Krieg robuster gestalten lassen.

Nichts geht mehr: Das Containerschiff Ever Given ist auf die Uferböschung gelaufen und versperrt über lange Tage die schmale Fahrrinne des Suezkanals. Satellitenaufnahme vom 28. März 2021. Foto: Picture Alliance/AP/Planet Labs Inc.

Von Andreas Schuck

## »Ein Handelskrieg mit China könnte für uns sechsmal so teuer werden wie der Brexit.«

Als die Ever Given im März 2021 über lange Tage den Suezkanal blockierte, waren die Bilder, die davon um die Welt gingen, schon längst kein Menetekel, kein Vorbote nur *kommenden* Unheils mehr. Das riesenhafte Containerschiff stand, auf die Uferböschung gelaufen, quer in der schmalen Fahrrinne und sorgte für einen Stau von Hunderten von Frachtern, der sich erst über Wochen hin auflöste. Dieses Ereignis machte besonders augenfällig, was sich bereits im Jahr zuvor mit den weltweiten Corona-Lockdowns abzeichnete. Die Weltwirtschaft ist eng verzahnt, und bereits minimale Störungen legen im Extremfall ganze Produktionszweige lahm, wenn der Nachschub stockt. Bislang kannte man ein solches Knirschen im ökonomischen Getriebe eher in limitiertem Umfang, Engpässe bei Materialien und Vorprodukten waren zeitlich begrenzt aufgetreten. Doch Corona und in diesem Jahr der Ukraine-Krieg haben der breiten Öffentlichkeit vor Augen geführt, wie verwundbar die Wirtschaft ist. Und die Ereignisse haben einen Begriff in der Wahrnehmung ganz nach oben gespült, der bisher eher nur in Ökonomenkreisen gebräuchlich war: den der Lieferketten.

Grob vereinfacht kann man sich eine Lieferkette als eine Art Fließband vorstellen, auf dem alle benötigten Rohstoffe oder Vorprodukte aus den unterschiedlichsten Winkeln der Welt zu dem Hersteller gelangen, der daraus einen Kühlschrank, ein Auto oder einen Computer zusammenbaut. Fehlt auch nur ein Glied in dieser Kette und kann kein Ersatz beschafft werden, kommt die Fertigung zum Erliegen.

Wie gesagt: vereinfacht. Weil die Wertschöpfung vieler Industrien heute global erfolgt und die Verflechtungen über die Jahre dramatisch an Komplexität gewon-

nen haben, sind Lieferketten längst auch ein Thema in der ökonomischen Forschung: „Wir befassen uns seit vielen Jahren mit der Frage, wie Freihandelsabkommen die globalen Wertschöpfungsketten verändern, und versuchen, die Auswirkungen mithilfe von Modellen zu quantifizieren“, umreißt Lisandra Flach einen ihrer zentralen Arbeitsschwerpunkte. Sie ist Professorin für Volkswirtschaftslehre an der LMU und leitet das Zentrum für Außenwirtschaft am Münchner ifo Institut. „Schon vor Corona kam es immer wieder zu gestörten Lieferketten, etwa nach Naturkatastrophen oder infolge von geopolitischen Ereignissen“, macht Flach deutlich. „Diesmal war neu, dass alle Länder weltweit von der Pandemie betroffen waren, was die Probleme verschärft hat.“

### Komplexität erhöht die Risiken

Heute ist in der globalisierten Wirtschaft häufig eine Vielzahl unterschiedlichster Hersteller auf der ganzen Welt an der Produktion eines einzigen Guts beteiligt. Bei der Fertigung eines Automobils müssen zum Beispiel Tausende unterschiedliche Teile in einem komplexen Prozess zusammengefügt werden, der hohe logistische Ansprüche stellt. Die Kunst besteht darin, die einzelnen Komponenten aus der ganzen Welt nach teilweise wochenlanger Reise auf See, Schiene und Straße zum richtigen Zeitpunkt an das Montageband zu bringen und sie in einem knapp bemessenen Zeitfenster zu montieren.

Unter dem ständigen Kostendruck, den die Globalisierung auferlegt hat, haben viele Unternehmen ihre Produktionsprozesse verschlankt und dabei ihre Lagerhaltung auf ein Minimum reduziert. Den Nachschub an Vor- und Zwischenprodukten besorgen sie sich zeitnah (Just in Time) am Weltmarkt bei den jeweils günstigsten Anbietern, die wiederum durch hohe Stückzahlen ihre eigenen Kosten drücken können. „Die Lieferketten sind dadurch immer komplexer geworden. Um ein Endprodukt herzustellen, überschreiten Zwischenprodukte inzwischen manchmal mehrere Landesgrenzen, was die Störanfälligkeit erhöht“, sagt Flach. Gleich mehrere Faktoren haben diese Entwicklung begünstigt: Zum einen haben es technologische Sprünge ermöglicht, sich nahtlos mit anderen Unternehmen überall auf der Welt zu vernetzen. Zum anderen wurde der globale Warenaustausch durch internationale Abkommen berechenbarer und günstiger, indem sie die Durchsetzung von Verträgen erleichterten und die Handelskosten durch niedrigere Zölle und nichttarifäre Hemmnisse senkten. Und schließlich haben Strukturreformen es den Unternehmen erleichtert, im Ausland zu investieren.

Dank dieser technologischen, institutionellen und politischen Fortschritte ließen sich die Produktionsprozesse immer weiter aufspalten, was den internationalen Handel mit Vor- und Zwischenprodukten enorm beflügelt hat. Davon profitierten besonders ab Ende der 1980er-Jahre auch die aufstrebenden Volkswirtschaften, die stärker in die globalen Lieferket-



ten integriert wurden. Der große Nachteil: Je stärker verästelt das System ist, desto anfälliger wird es. Und noch dazu gibt es für bestimmte Produkte nur sehr wenige hochspezialisierte Zulieferer – im Extremfall nur einen einzigen.

### Firmen kämpfen mit der Verknappung bei Rohstoffen und Vorprodukten

Die Folgen haben wir alle während der Pandemie zu spüren bekommen. In der akuten Phase mussten auch hierzulande Fabriken ihre Tore schließen, nach einer Reihe von Produkten stieg dagegen die Nachfrage. Im Lockdown konnten die Verbraucher nicht mehr in Restaurants gehen, reisen oder andere kontaktintensive Dienstleistungen in Anspruch nehmen. Dafür gaben sie mehr Geld für Computer oder andere elektronische Geräte aus. Diese erlaubten es ihnen, zu Hause zu arbeiten, zu lernen und zu spielen. Darauf sind die globalen Lieferketten nicht ausgelegt. Die Wissenschaftler fragen bei Unternehmen regelmäßig ab, wie sehr sie mit Produktionsbehinderungen durch Engpässe bei Rohstoffen beziehungsweise Vorprodukten zu kämpfen haben. „Zu Beginn des zweiten Corona-Winters etwa beantworteten vier von fünf Firmen aus dem verarbeitenden Gewerbe diese Frage mit Ja. Der ifo-Knappheitsindikator, der dies abbildet, stieg auf 81,9 – einen Höchstwert“, berichtet Flach.

Größere Aufmerksamkeit hat der Mangel an Halbleitern auf sich gezogen, der bis heute zu spüren ist. Silizium aus China typischerweise, genutzt zur Produktion von Wafern in Taiwan, weiterverarbeitet in Chips an der US-amerikanischen Westküste – diese Kette funktionierte nicht mehr. Das ließ nicht nur weltweit Bänder in der Autoproduktion stillstehen. Auch die Herstellung vieler anderer High-

tech-Güter vom Smartphone bis zum simplen Haushaltsgerät musste stark gedrosselt werden. Die Hoffnung, dass es sich lediglich um einen temporären Engpass handelt, hat sich als trügerisch erwiesen. Denn zusätzlich zu den pandemiebedingten Einschränkungen bringen auch die weltpolitischen Erschütterungen des Jahres 2022 die fein durchgetakteten globalen Lieferketten durcheinander.

### Engpässe bei Halbleitern gelten als „besonders kritisch“

„Durch den russischen Krieg gegen die Ukraine müssen die globalen Lieferketten nach Corona einen zweiten Schock aushalten, der diesmal mit erhöhten geopolitischen Risiken einhergeht“, sagt LMU-Wissenschaftlerin Lisandra Flach. Der Krieg hat nicht nur eine humanitäre Katastrophe ausgelöst, er behindert auch die Warenströme. Viele Verbindungen zwischen Westeuropa und China laufen über die Ukraine oder Belarus als Transitländer. Und wegen der gegen Russland verhängten Sanktionen werden Zugverbindungen zwischen China und Europa über russisches Territorium teilweise ausgesetzt.

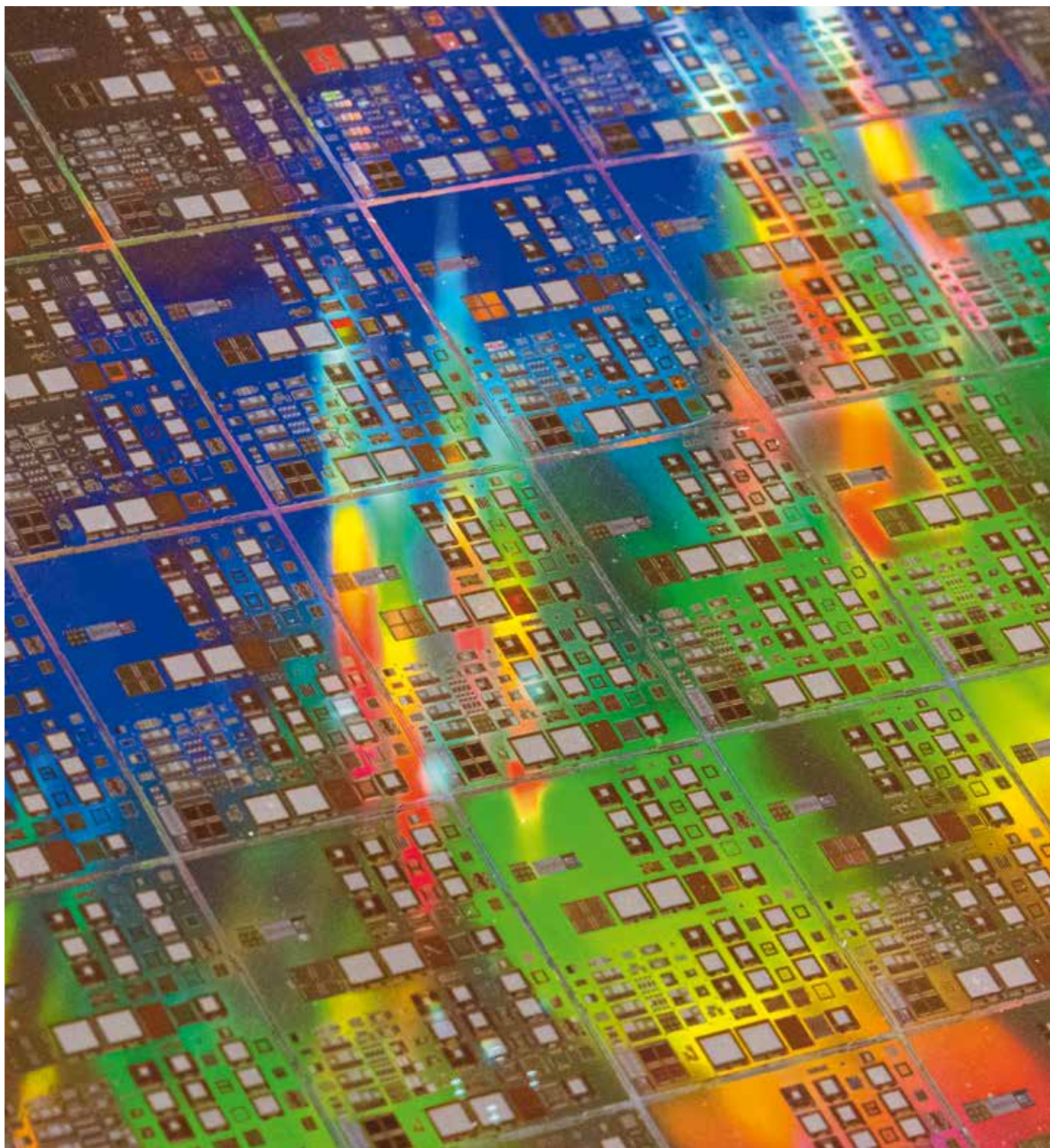
Hinzugekommen sind Befürchtungen, dass der Dauerkonflikt zwischen China und Taiwan weiter eskalieren und die globalen Lieferketten noch mehr belasten könnte. Europa beispielsweise sei von Halbleitern aus Taiwan noch abhängiger als von Energie aus Russland, warnen

Chiphersteller. Wenn der Nachschub aus Taiwan ganz zum Erliegen käme, hätte das tiefgreifende Auswirkungen auf alle Wirtschaftsbereiche, und zwar weltweit.

Politik und Wirtschaft jedenfalls sind alarmiert, nicht nur was die Halbleiterkrise angeht. „Importierte Vorleistungen spielen für die deutsche Exportwirtschaft eine zentrale Rolle. 27 Prozent der deutschen Exporteure sind auch Importeure, und auf diese Firmen entfallen über 95 Prozent des gesamten deutschen Handels“, heißt es in einer Studie, an der Lisandra Flach maßgeblich beteiligt war. Es gehe also bei den importierten Vorleistungen um einen „wesentlichen Bestandteil der deutschen Wettbewerbsfähigkeit“, lautet das Fazit der Wissenschaftler.

Doch welche Gegenstrategien verfolgt die Wirtschaft? „Wir befragen regelmäßig Industrieunternehmen, ob sie ihre Beschaffungsstrategie ändern wollen, und bereits vergangenes Jahr haben knapp 40 Prozent der Firmen derartige Pläne geäußert“, berichtet Flach. Mittlerweile, ergab eine weitere Umfrage Mitte dieses Jahres, die Wissenschaftler um Flach im Oktober veröffentlichten, dass bereits nahezu neun von zehn Unternehmen reagiert haben. Um die Resilienz der Lieferketten sicherzustellen, also deren Fähigkeit, auch bei Schocks weiter zu funktionieren, gibt es mehrere Optionen. Dazu gehören die Diversifizierung der Lieferkette in Bezug auf Zulieferer oder der Aufbau größerer Lagerbestände, um vorübergehende Versorgungsengpässe besser zu meistern.

»Unsere Analysen zeigen:  
Die Folgen einer Entkopplung  
von autokratischen Staaten  
würden für die deutsche  
Wirtschaft kurzfristig teuer.«



Begehrte Ware: An der Chip-Produktion wie hier in Taiwan hängt die digitalisierte Welt. Die globalen Hightech-Giganten sind darauf angewiesen, dass die Lieferketten nicht reißen. Foto: Annabelle Chih/Getty Images





„Bereits minimale Störungen legen im Extremfall ganze Produktionszweige lahm, wenn der Nachschub stockt“, sagt Ökonomin Lisandra Flach. Foto: Stephan Höck

»Die Politik muss klare Rahmenbedingungen für Unternehmen schaffen, damit diese ihre Lieferketten besser diversifizieren können.«

Die US-Finanzministerin Janet Yellen geht sogar noch einen Schritt weiter und fordert, angesichts von Embargo und Erpressung die Handelspartner nach Freund und Feind zu sortieren. Lisandra Flach gibt jedoch zu bedenken: „Unsere Analysen zeigen, dass die Folgen einer Entkopplung von autokratischen Staaten die deutsche Wirtschaft kurzfristig teuer zu stehen kämen.“ Wenn sich auch auf längere Sicht die Kosten wieder verringern, dürfe man sie nicht unterschätzen. Lisandra Flach und ihre Kollegen haben das durchgerechnet: „Ein Handelskrieg mit China könnte für uns sechsmal so teuer werden wie der Brexit“, warnt sie. Selbst wenn es gelänge, die Lieferungen aus autokratischen Staaten zugunsten von Ländern, die ähnliche Werte wie wir teilen, zu verringern, wäre die Versorgung mit Rohstoffen und Vorprodukten nicht gewährleistet. „Umweltrisiken oder Cyberrisiken können auch in vermeintlich sicheren Ländern jederzeit die Lieferketten unterbrechen“, stellt die Wissenschaftlerin klar.

### Ein Reshoring hätte negative Auswirkungen auf unseren Wohlstand

Also doch eher mehr Autarkie anstreben und die Produktion von Vorprodukten ins Inland zurückholen? Keine gute Idee, hält Flach dagegen: „Dank unserer komplexen Lieferverflechtungen erzielen wir hohe Effizienzgewinne. Ein Reshoring hätte negative Auswirkungen auf unseren Wohlstand. Es würde unsere Wettbewerbsfähigkeit schmälern und nach unseren quantitativen Analysen die Wirtschaftsleistung gemessen am Bruttoinlandsprodukt langfristig um rund zehn Prozent verringern.“ Bei einem sogenannten „Nearshoring“ in benachbarten Ländern etwa wären es immerhin gut vier Prozent.

Aus diesem Grund sieht sie auch staatliche Eingriffe in die Lieferketten skeptisch, weil sie mit hohen Kosten verbunden seien. „In Ausnahmefällen und bei wichtigen Gütern könnte es sinnvoll sein“, schränkt sie ein. Doch müsse man dann die Frage klären, was genau ein kritisches Produkt sei, das diesen Eingriff rechtfertige.

### Das Abwägen zwischen Widerstandsfähigkeit und Kosten

Viel wichtiger sei, so fordert Lisandra Flach, „dass die Politik klare Rahmenbedingungen für Unternehmen schafft, damit sie ihre Lieferketten besser geographisch diversifizieren können.“ Denn das sei die Lehre aus den jüngsten Krisen: Es gelte, einseitige Abhängigkeiten zu vermeiden, gerade von politisch unsicheren Staaten. Das macht das Gezerre um den Ersatz für russische Gaslieferungen derzeit überdeutlich. Der Konflikt in der Ukraine hat dazu geführt, dass sich politische Allianzen noch deutlicher in regionale Handelsblöcke aufspalten. „Wir müssen die Schwachstellen in den Lieferketten beseitigen, insbesondere bei einseitigen Abhängigkeiten, wie sie bei Energie und Rohstoffen für Schlüsseltechnologien zu beobachten sind“, rät Flach.

Wie es um das Ausmaß solcher Abhängigkeiten steht, haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erst vor Kurzem genauer untersucht. Die Europäische Union definiert 23 Materialien als entscheidend für die Produktion von Schlüsseltechnologien. Lisandra Flach und ihr Team haben aus dieser Liste neun Rohstoffe ermittelt, bei denen es besonders eng ist. Von Stoffen wie Kobalt, Bor, Silizium, Graphit und Seltenen Erden besteht eine „kritische Abhängig-

keit“: Die Zahl der Zulieferer ist klein, der Markt stark konzentriert und der Bedarf gleich für mehrere Schlüsseltechnologien unverzichtbar.

Politische Entscheidungsträger und Unternehmen stehen vor der schwierigen Aufgabe, ihren Wunsch nach mehr Widerstandsfähigkeit der Lieferketten gegen die Kosten abzuwägen. Denn Ersatzlieferanten oder eine größere Lagerhaltung sind nicht umsonst zu haben. Die optimale Wahl hängt von den länderspezifischen Umständen und der Risikotoleranz ab. Umfragen der Münchner Wissenschaftler zufolge setzen Großunternehmen eher auf eine stärkere Diversifizierung bei der Beschaffung, kleinere Firmen eher auf eine Ausweitung der Lagerhaltung. Die Politik, so fordert die Ökonomin Lisandra Flach, solle „verlässliche außenwirtschaftliche Rahmenbedingungen für Unternehmen schaffen“. Deutschland und die Europäische Union sollten zudem auf eine Reform der Welthandelsorganisation WTO drängen, um von der „Versicherungsfunktion des internationalen Handels“ zu profitieren. Wie gut all die Gegenmaßnahmen greifen können in einer dramatisch veränderten Weltlage, wird sich nicht zuletzt daran zeigen, was unsere Konsumwirtschaft in Zukunft tatsächlich ausliefern kann.

#### Prof. Dr. Lisandra Flach

ist Professorin für Volkswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Ökonomik der Globalisierung an der LMU und leitet das ifo Zentrum für Außenwirtschaft am ifo Institut – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München e.V. Lisandra Flach, Jahrgang 1983, studierte Volkswirtschaft an der Universidade do Estado de Santa Catarina und der Universidade Federal de Santa Catarina, beide in Florianópolis, Brasilien. Promoviert wurde sie an der Universität Mannheim, bevor sie im Jahr 2012 an die LMU kam. Seit 2020 ist sie Lehrstuhlinhaberin.



# Eine neue Weltordnung

Der Historiker Kiran Klaus Patel und der Völkerrechtler Christian Walter diskutieren darüber, was der Einmarsch Russlands in die Ukraine für das Zusammenleben der Völker und internationale Normen bedeutet.

Moderation: Nikolaus Nützel

Als Russland im Februar in die Ukraine einmarschiert ist, hat Ihnen das den Schlaf geraubt?

**Patel:** Ich gehöre zum Glück zu den Menschen, die auch in schwierigen Momenten gut schlafen können. Die momentane Lage bewegt mich jedoch sehr. Sie betrifft meine wissenschaftliche Arbeit, aber natürlich auch mein Nachdenken über die Welt.

**Walter:** Mir geht es auch so. Es gibt ja auch andere Gründe, warum man mal schlecht schläft. Aber es ist ein Thema, das einen nicht nur fachlich, sondern auch als Europäer bewegt, weil der Krieg so nah vor der Haustür ist wie lange nicht. Selbst der Jugoslawienkrieg war etwas anderes.

Im Jahr 1979 hat Moskau Truppen in Afghanistan einmarschieren lassen. War aus völkerrechtlicher Sicht der Angriff der Sowjetunion damals etwas anderes als jetzt der Angriff Russlands auf die Ukraine?

**Walter:** In Afghanistan gab es nicht die klare Absicht, Teile des Territoriums oder das ganze Land dem eigenen Staat einzuverleiben. Bei der Ukraine ist das anders. Für Teile des ukrainischen Gebiets, und zeitweise für die ganze Ukraine, hat ja

Moskau den Anspruch auf einen Anschluss an Russland erhoben. Das ist ein fundamentaler Unterschied.

**Patel:** Ich sehe das ähnlich. Wobei unser Blick zurück auf den Kalten Krieg manchmal etwas verklärend ist. Wir sehen ihn dann als statischen Zustand und vergessen, dass es auch in jener Zeit Phasen der Zuspitzung gab. Die genau 60 Jahre zurückliegende Kubakrise wäre ein Beispiel; auch in den frühen 1980er-Jahren wurde der Kalte Krieg nochmals heiß. Dennoch gibt es einen wichtigen Unterschied zwischen damals und heute: Insgesamt agierte die Sowjetunion zumeist als eine Status-quo-orientierte Macht; sie zielte darauf, die eigene Einflussosphäre zu sichern. Heute dagegen arbeitet die Russische Föderation unter Putin darauf hin, völkerrechtlich anerkannte Grenzen zu revidieren. Mit Rückbezug auf ein verklärendes Geschichtsbild ist Russland eine aggressiv-expansive Macht geworden.

Seit Beginn des Krieges gibt es die Diskussion um eine „Zeitenwende“

Es wird seit dem Beginn des Krieges über Begriffe wie „Zeitenwende“ und „Zerfall der Weltordnung“ diskutiert. War die Welt vor dem Februar 2022 denn wohlgeordnet?





Wie der Krieg auch den Alltag zerstört: Bewohner Kiews suchen in der Metro Schutz vor den russischen Bomben.  
Foto: Dimitar Dilkoff/STF/AFP via Getty Images



## »Womöglich wird im Rückblick aus dem Jahr 2060 der Konflikt zwischen China und den USA als viel prägender gelten als der Krieg in der Ukraine.« Prof. Dr. Kiran K. Patel

**Patel:** Wir haben es uns in unserer vermeintlich geordneten Welt etwas zu gemütlich gemacht. Wir gingen davon aus, dass sich die westliche Form politischer Ordnung mit liberaler Demokratie, kapitalistischem Wirtschaftssystem und Menschenrechten auf einem Siegeszug befände. Aber das, was man als westlichen Universalismus bezeichnen könnte, stößt immer mehr an seine Grenzen. Und das müssen wir aufarbeiten.

Welche Rolle spielt das Völkerrecht bei solchen Universalismen?

**Patel:** Hier bildet die Charta von Paris einen zentralen Referenzpunkt.

Als sich 32 europäische Länder sowie die USA und Kanada im Jahr 1990 vertraglich auf eine friedliche, demokratische Ordnung festgelegt haben.

**Patel:** Ja. Damals hatte man die Vorstellung, dass die Charta einen Grundpfeiler der politischen Ordnung in Europa für die nächsten Jahrzehnte bilde. Aber schon bald danach gab es Erosionserscheinungen sowohl innerhalb Europas, aber auch Anfeindungen durch Russland, die keineswegs erst 2022 begonnen haben. Aus Sicht der Ukraine fand die Zeitenwende spätestens 2014 mit der Annexion der Krim und dem Krieg im Osten statt. Wann genau der Wendepunkt war, lässt sich also diskutieren.

**Walter:** Völkerrecht muss natürlich universal sein, weil es ja für die ganze Welt gelten soll. Gleichzeitig gibt es seit einigen Jahren eine wichtige Diskussion über die Frage: Wie stark beeinflussen unterschiedliche rechtskulturelle Vorstellungen die Idee davon, was Recht leisten kann und soll? Schaut man in anderen Teilen der Welt anders auf das Völkerrecht, als wir es tun? Das wird uns erst nach und nach bewusst. Und es gibt si-

cher Bereiche des Völkerrechts, die universalistischer sind als andere. Aber jetzt sind wir gerade in den vermeintlich universalistischsten Bereichen herausgefordert, die man sich vorstellen kann: Gewaltverbot und territoriale Unversehrtheit.

Welche Rolle spielen da Foren wie die Vereinten Nationen?

**Walter:** Da wird zum Teil auf zwei Ebenen gespielt. So erklärt sich auch ein Verhalten wie das des indischen Premierministers Modi. Bei einem Treffen im usbekischen Samarkand in Gegenwart von Präsident Putin hat er den Krieg kritisiert, aber kurz darauf hat sich Indien im UN-Sicherheitsrat bei der Verurteilung der Stimme enthalten. Das ist ein Versuch, durch ein Agieren auf zwei Ebenen politisch möglichst viel Spielraum zu behalten, auch gegenüber dem Westen.

**Der Westen ist stärker  
zusammengerückt, die  
Nato ist so stark wie nie**

Gibt es den Westen denn noch?

**Walter:** Es gibt ihn wieder mehr als früher. Ich finde, der Angriff auf die Ukraine hat zu einer Solidarisierung im Westen geführt, wie sie vorher lange nicht zu beobachten war. Das bröckelt jetzt zwar an der einen oder anderen Stelle wieder. Aber unmittelbar nach dem Angriff hat das zu einer erstaunlichen Schließung der Reihen geführt. Wie lange das hält, ist eine andere Frage.

**Patel:** Interessant ist ja, dass genau das Gegenteil dessen eingetreten ist, was Putin sich erhofft hat. Er wollte den Westen weiter spalten. Der Angriffskrieg auf die Ukraine sollte nicht nur territoriale Gewinne für die Russische Föderation erzielen, sondern auch den Westen als normatives Projekt schwächen. Passiert ist etwas ganz anderes: Der Westen ist stärker zusammengerückt. Die Nato ist so stark wie nie, Finnland und Schweden werden gerade neue Mitgliedstaaten. Auch die Europäische Union ist bisher gestärkt aus der Krise hervorgegangen; jene Attraktivität für Drittstaaten, die sie in den letzten Jahren verloren hatte, ist mit einem Schlag zurückgekehrt.

Und ist das nachhaltig?

**Patel:** Das wissen wir nicht. Um lediglich ein Problem zu benennen: Die US-Wahlen vom November haben das Demokratische Lager zwar nicht deutlich geschwächt. Doch in gut zwei Jahren könnte das Weiße Haus wieder durch eine Person geführt werden, die ganz auf „America first“ setzt. Man stelle sich nur vor, ein Donald Trump hätte im Februar 2022 noch im Weißen Haus gesessen. Dann hätten wir heute eine völlig andere Weltlage. Insofern ist dieser Zusammenhalt des Westens so fragil, dass wir mit Sorge in die Zukunft blicken müssen.

Wird dieser Zusammenhalt nicht jetzt schon noch fragiler, wenn man sich Wahlergebnisse in Polen, Ungarn, Italien oder Schweden anschaut, wo europaskeptische und illiberale Kräfte deutlich gestärkt wurden?



**Patel:** Ja. Wir haben die Fragilität des Zusammenhalts des westlichen Lagers in den vergangenen 30 Jahren unterschätzt, weil die Bewährungsprobe ausgeblieben ist. Jetzt erleben wir einen Härtestest. Solche gab es auch in der Geschichte des Kalten Kriegs. Damals trug Außendruck durch die Systemkonfrontation immer wieder dazu bei, zentrifugalen Kräften und Erosionserscheinungen im westlichen Lager Einhalt zu gebieten. Es ist eine offene Frage, ob das dieses Mal in gleicher Form gelingen kann. Zugleich will ich den Vergleich mit der Zeit bis 1989 nicht überspannen. Ich glaube nicht, dass wir uns auf dem Weg in einen zweiten Kalten

Krieg befinden. Die Welt ist viel komplexer geworden; sie ist längst multipolar. Es kann sein, dass etwa im Rückblick aus dem Jahr 2060 auf die 2020er-Jahre der Konflikt zwischen China und den USA als viel prägender gelten wird als der Krieg in der Ukraine.

Viele behaupten, eine internationale Rechtsordnung müsse wertebasiert sein. Zeigt der Einmarsch Russlands, dass es am Ende doch nur um Machtpolitik geht?

**Walter:** Ja, natürlich geht es auch um Machtpolitik. Aber zentrale Aufgabe des Rechts ist es, Macht einzuhegen und zu

begrenzen. Und dazu gehört auch ein bestimmtes Fundament, auf dem die Vorstellung von Recht ruht. Und ich glaube, wir müssen schon auch darüber streiten, welche Werte wir brauchen. Da sind Gewaltverbot und territoriale Unversehrtheit die elementarsten. Dann können wir mit Vorstellungen von Menschenrechten, Demokratie und Rechtsstaatlichkeit weitermachen. Sicher ist: Je konkreter das wird, desto weniger Einigkeit gibt es. Das sollte uns aber nicht entmutigen, für das einzutreten, was wir für richtig halten.

**Patel:** Wobei ich bemerkenswert finde, dass sogar Putin sich selektiv der Spra-



che des Völkerrechts bedient. Zum Beispiel hat er es im letzten September bei der Annexion der vier teils besetzten Gebiete der Ukraine für notwendig gehalten, Scheinreferenden abzuhalten und bei der Unterzeichnungszeremonie der Beitrittsverträge auf das Selbstbestimmungsrecht der Völker und Artikel 1 der UN-Charta zu verweisen. Interessant ist, dass selbst Machthaber, die mit illiberalen, gewalttätigen Maßnahmen das Völkerrecht brechen, immer wieder glauben, sich dieser Sprache bedienen zu müssen. Natürlich instrumentalisiert Putin das. Aber das zeigt, dass Völkerrecht nicht nur eine verirrte Idee von ein paar Menschen im Westen ist.

**Walter:** Naja, das gibt es immer wieder, dass man beim Gewaltverbot sagt: Selbst derjenige, der es bricht, rechtfertigt sich immer wieder in den Begriffen des Rechts. Aber bei Putin frage ich mich, ob er das Recht nicht so verdreht und missbraucht, dass es von innen heraus zerstört wird.

Fraglich ist ja immer, wie sich Völkerrecht durchsetzen lässt. Wo stehen wir da heute?

**Walter:** Natürlich kann es nicht durchgesetzt werden mit den Instrumenten, die wir aus dem innerstaatlichen Recht vor Augen haben: Da kommt der Gerichtsvollzieher oder die Polizei.

Aber die Metapher des Weltpolizisten gibt es ja immer mal wieder.

**Walter:** Die ist aber fehlleitend, weil es eben den Weltpolizisten für alle so nicht gibt und wohl auch nicht geben kann.

Zumal ja der Begriff des Weltpolizisten oft mit den USA verbunden war.

**Patel:** Ja, und wir müssen auch noch einmal das Handeln des Westens während



Unter Einfluss: Eine neue Bahnstrecke verbindet Mombasa und Nairobi, die beiden größten Städte Kenias. Finanziert ist sie großenteils von einer chinesischen Staatsbank, gebaut von dem staatlich chinesischen Bauunternehmen CRBC. China ist in Bezug auf Infrastrukturmaßnahmen etwa oder Handelspolitik sehr präsent in Afrika, sagt Kiran Klaus Patel, ein Beispiel für „die Neugewichtung der Welt“. Nahe Sultan Hamud, Kenia, 2016. Foto: Pan Siwei/ZUMAPRESS.com/Picture Alliance

der letzten 30 Jahre kritisch bilanzieren. Ich erinnere an die Rede des US-Verteidigungsministers Colin Powell 2003 vor den Vereinten Nationen, als er vermeintliche Belege über Massenvernichtungswaffen

### Chinas und Russlands starke Präsenz auf dem afrikanischen Kontinent

im Irak vorlegte. Die Rechtfertigungsstrategie der Führungsmacht des westlichen Lagers für den Krieg gegen den Irak war hoch problematisch. Das heißt noch lange nicht, dass jeder Verstoß gegen das Völkerrecht gleich schwer wiegt; dass alle nur mit ihrer Macht spielen. Aber wir

müssen uns fragen, was auch im Westen falsch gelaufen ist. Die Inkonsistenzen und die Doppelmoral, die sich stellenweise beobachten lassen, werden im globalen Süden als Argument genutzt um zu sagen: Damals war es euch egal, und jetzt kommt ihr mit euren hohen Ansprüchen daher.

Welche Zukunft sehen Sie für Institutionen wie den UN-Sicherheitsrat?

**Walter:** Es hängt alles stark davon ab, wie sich das Kriegsgeschehen weiterentwickelt. Es wird ja vielfach gefordert, Russland das Vetorecht zu entziehen. Aber das ist schwer vorstellbar. Und es gibt ja ganz verschiedene Szenarien, wie es innerhalb Russlands weitergeht, da wird

auch über Führungswechsel und Zerfall spekuliert. Ich glaube, es ist zu früh, um eine Prognose zu wagen, was das für die Vereinten Nationen bedeutet.

**Patel:** Ja, das ist sehr offen. Es ist auch hier interessant, einen Blick zurück in die Geschichte zu werfen. Die Idee, dass sich die Vereinten Nationen zu einer Art Weltregierung entwickeln könnten, mit großen Entscheidungen über Krieg und Frieden, ist schon länger ad acta gelegt worden. Zugleich sind sie häufig das Forum für kleinere, jedoch keineswegs unwichtige Schritte, die die große Weltöffentlichkeit im Zweifelsfall gar nicht mitbekommt: Da können die Vereinten Nationen eine wichtige Rolle spielen. Und zugleich spiegelt sich in ihnen die Neugewichtung der Welt: Hier zeigt sich wie unter einem Brennglas, inwieweit westliche Positionen global geteilt werden und welche Rolle China mittlerweile spielt. Wie stehen wir dazu, dass sowohl Russland als auch China in Bezug auf Infrastrukturmaßnahmen, Handelspolitik und weitere strategische Themen in Afrika so präsent sind, wie wir uns das vor 40 Jahren nicht vorstellen konnten? Und was ist die europäische, die westliche Antwort darauf?

Welche Rolle lässt sich für die EU sehen? Die schreibt in einer Selbstdarstellung im Internet auch acht Monate nach Kriegsbeginn bei der Auflistung ihrer wichtigsten Errungenschaften: „Wir leben auf einem friedlichen Kontinent“.

**Patel:** Bei der Europäischen Union ist vieles, was die eigene Rolle betrifft, schon immer Wunschdenken. Die EU und ihre Vorläuferorganisationen haben sicherlich zum Frieden in Europa beigetragen, aber anders, als es in vielen Sonntagsreden dargestellt wird. Um Frieden auf sicherheitspolitischer Ebene zu schaffen, wurde sie zu spät gegründet und war für die falschen Fragen zuständig. Und die längste

## »Wir müssen schon auch darüber streiten, welche Werte wir brauchen. Gewaltverbot und territoriale Unversehrtheit sind die elementarsten.« Prof. Dr. Christian Walter

Zeit ihrer Geschichte umfasste sie nur den westlichen Teil Europas und war damit Ausdruck sowie Teil des Kalten Krieges.

**Walter:** Das sehe ich etwas anders. Ich würde es schon als ein erfolgreiches Friedensprojekt werten, dass ehemalige Feindstaaten gerade mal sieben Jahre nach einem Krieg, im Jahr 1952, angefangen haben, so eng zusammenzuarbeiten, wie es Deutschland, Frankreich und die Benelux-Staaten damals begonnen haben.

**Patel:** Sicher kann man sagen, die Europäische Gemeinschaft und die Europäische Union haben zum Frieden beigetragen, jedoch eher zum sozialen Frieden in und zwischen den Mitgliedstaaten als zum Frieden in der Welt. Deshalb muss man meiner Ansicht nach sehr vorsichtig sein, sich Hoffnungen zu machen, dass die EU im aktuellen Konflikt eine wesentliche Rolle spielen kann. Ihre Geschichte zeigt leider auf, dass sie dafür nicht so gut geeignet ist.



**Prof. Dr. Kiran Klaus Patel**

ist Inhaber des Lehrstuhls für Europäische Geschichte des 19. und 20. Jahrhunderts an der LMU und dort Direktor des „Projekthauses Europa“. Patel, Jahrgang 1971, studierte Neuere und Neueste Geschichte, Anglistik und Alte Geschichte zunächst an der Universität Freiburg, später an der Humboldt-Universität zu Berlin, wo er auch promoviert wurde. Nach Stationen als Junior-Professor an der Humboldt-Universität und als Lehrstuhlinhaber am Europäischen Hochschulinstitut in Florenz sowie an der Universität Maastricht, Niederlande, kam er 2019 an die LMU.



**Prof. Dr. Christian Walter**

ist Inhaber des Lehrstuhls für Öffentliches Recht und Völkerrecht an der LMU. Walter, Jahrgang 1966, studierte Rechtswissenschaften an den Universitäten Würzburg, Genf und Heidelberg. Promoviert wurde er an der Universität Heidelberg, wo er sich auch habilitierte. Walter war wissenschaftlicher Mitarbeiter am Bundesverfassungsgericht, Karlsruhe, und wissenschaftlicher Referent am Max-Planck-Institut für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht in Heidelberg sowie Lehrstuhlinhaber an den Universitäten Jena und Münster.





Kritische Energie-Infrastruktur: In der Hauptschaltleitung des Übertragungsnetzbetreibers Amprion, Foto: Oliver Berg/Picture Alliance/dpa

## Die Zukunftsfrage

# Wie können wir die digitale Infrastruktur gegen künftige Angriffe absichern?

**Dieter Kranzlmüller**, Professor für Informatik an der LMU und Leiter des Leibniz-Rechenzentrums: „Ein lahmgelegtes Satellitenetzwerk stört die Kommunikation mit mehr als 3.000 Windkraftanlagen in Deutschland. Ein Ransomware-Angriff auf ein schulartübergreifendes Verwaltungsprogramm trifft 75 Schulen in Bayern. Medien berichteten in den letzten Monaten regelmäßig über Cyberangriffe, Erpressungstrojaner und Sicherheitslücken. Auch das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik warnt vor einer erhöhten Gefahr durch Cyberattacken. Die Verletzbarkeit kritischer Infrastrukturen, wie etwa der Wasserversorgung, durch Cyberangriffe beschäftigt nicht nur deren Betreiber und die Politik. Sie stellt potenziell gravierende Einschränkungen für uns alle dar, weil Cyberangriffe unser gesellschaftliches Leben extrem beeinträchtigen können. Diese Problematik wird sich weiter verschärfen. Nicht nur kritische Infrastrukturen, unser Alltag ist immer mehr bestimmt durch Informations- und Kom-

munikationstechnologien. Damit einher geht eine höhere Komplexität dieser Infrastrukturen. Dazu tragen zum Beispiel neue, unkonventionelle Ansätze in der Informatik bei, wie etwa Quantencomputer. Die Drohkulisse hier ist, dass sich mit Quantencomputern alle bisherigen Verschlüsselungsmechanismen knacken lassen. Die amerikanische National Security Agency plant, bis 2035 alle sicherheitsrelevanten Systeme quantensicher zu machen. Fakt ist zudem, dass vernetzte Systeme immer gefährdet sind – wenn nicht durch eine technische Schwachstelle, dann durch Social Engineering. Wir müssen uns also auf mögliche Innovationen bei Cyberattacken vorbereiten. Dabei sind keinesfalls nur technische Aspekte relevant. IT-Sicherheit ist immer ein Dreigestirn aus Mensch, Prozess und Technologie.“

**Lesen Sie im nächsten Heft ein ausführliches Gespräch zur Cybersicherheit.**

## Impressum

### Herausgeber

Präsidium der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München

### Konzept und Redaktion

Kommunikation & Presse LMU  
Claudia Russo (verantwortlich)  
Martin Thureau (Redaktionsleitung)  
Hubert Filser (freier Redakteur/Online)  
Christine Meyer (freie Grafikerin)

### Autorinnen und Autoren dieser Ausgabe

Anja Burkel, Janosch Deeg, Claudia Doyle,

Hubert Filser (huf), Monika Gödde (göd), Bernd Graff, Nicole Lamers, Nikolaus Nützel, Stefanie Reinberger, Andreas Schuck, Martin Thureau (math)

### Auflage

6.000 Exemplare

### Erscheinungsweise

halbjährlich

### Druck

Kriechbaumer Druck GmbH & Co. KG, München  
Einsichten. Das Forschungsmagazin wird auf Papier aus nachhaltiger Forstwirtschaft gedruckt.

### Distribution

Mathias Schiener

### Redaktionsadresse

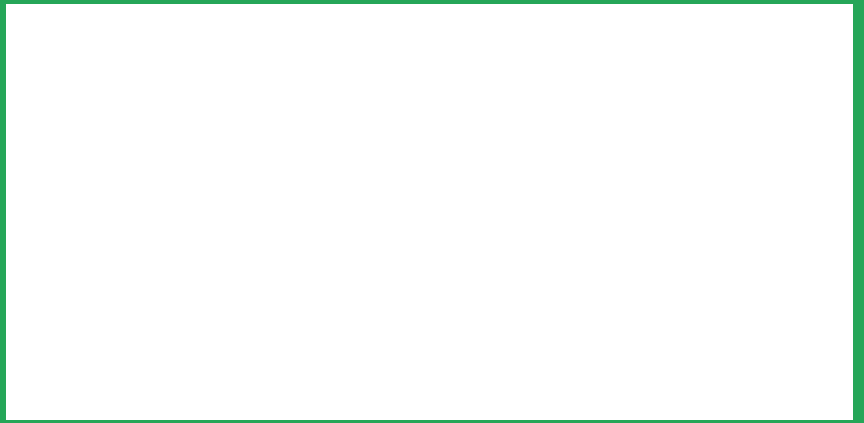
Geschwister-Scholl-Platz 1  
80539 München  
Tel.: 089 2180-3808  
E-Mail: Einsichten@lmu.de

[www.lmu.de/einsichten](http://www.lmu.de/einsichten)

Unter dieser Adresse können Sie Einsichten. Das Forschungsmagazin auch kostenlos abonnieren.







Einsichten  
jetzt auch als E-Paper:



Einsichten im Internet: [www.lmu.de/einsichten](http://www.lmu.de/einsichten)  
Einsichten im Abonnement: [www.lmu.de/einsichten/abo](http://www.lmu.de/einsichten/abo)