



# Licht an

## Was die Welt erstrahlen lässt

**Unternehmen:**

Warum Erfolg sich  
nicht nur am Geld  
messen lässt 11

**Unterricht:**

Wie die Schule von  
morgen aussehen  
könnte 40

**Umweltfolgen:**

Was die globale  
Erwärmung für die  
Antarktis heißt 56



**mg**

**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,

mehr als zwei Millionen Besucher kamen vor gut 20 Jahren nach London, um die gigantische Sonne aufgehen zu sehen, die der dänische Künstler Olafur Eliasson mit *The Weather Project* in der Tate Modern installiert hatte. Sie tauchte die riesige Eingangshalle des Museums, eines ehemaligen Kraftwerks, in ein tiefes Orange (siehe Seite 15). Erfolgreich wie kaum ein anderer zeitgenössischer Künstler balanciere Eliasson seine Arbeiten zwischen Wissenschaft und Poesie, zwischen Physik und Verführung aus, hieß es. Er zeige damit, der Romantik verpflichtet, die Fragilität der Natur, aber auch ganz heutig die Errungenschaften der Technik.

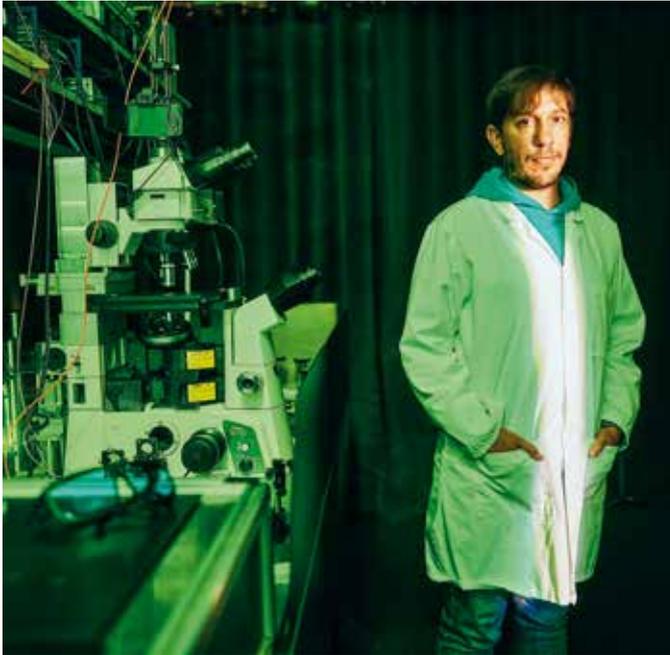
Sonne und Licht haben offenbar ihren ganz eigenen Zauber. Sie speisen bis in die Metaphern hinein unsere Vorstellung von Natur und Technik, vom Leben schlechthin – und vom Fortschritt. Und so ist auch die neue *Einsichten*-Ausgabe *Licht an* ein Heft über die Magie und

die Kraft des Lichtes. LMU-Forscherinnen und -Forscher ganz unterschiedlicher Disziplinen zeigen mit ihren Arbeiten, was Licht für die Welt bedeutet.

Der Nanophysiker **Emiliano Cortés** konstruiert neue Materialien, mit denen sich Sonnenlicht effizienter und nachhaltiger zur Energiegewinnung nutzen lässt. Der Astrophysiker **Kevin Heng** nutzt kleinste Signaturen im Licht ferner Welten, um zu erkennen, ob Exoplaneten und ihre Atmosphäre fremdes Leben ermöglichen könnten. Die Ökonomin **Karen Pittel** analysiert, wie Sonnenlicht und andere regenerative Quellen helfen können, unsere Lebensgrundlagen zu sichern. Die Archäologin **Ruth Bielfeldt** rekonstruiert, welche Rolle künstliches Licht im Römischen Reich dabei spielte, Status und Macht zu inszenieren. Und die Medizinische Psychologin **Luciana Besedovsky** erforscht, wie unser Immunsystem auf Hochtouren läuft, wenn das Licht aus ist und wir schlafen.

**Viel Spaß beim Lesen wünscht Ihre EINSICHTEN-Redaktion.**

# Inhalt



Nanokristalle: Hilfen für die Zukunft der Regenerativen 16



Exoplaneten: Spurensuche im Zentrum der Milchstraße 21

Auftakt

6 **Meldungen**

11 **Gründen für die Gesellschaft**  
Ali Gümüşay erklärt, warum sich unternehmerischer Erfolg nicht nur am Profit messen muss.

15 **Schwerpunkt:**  
**Licht an**  
**Was die Welt erstrahlen lässt**

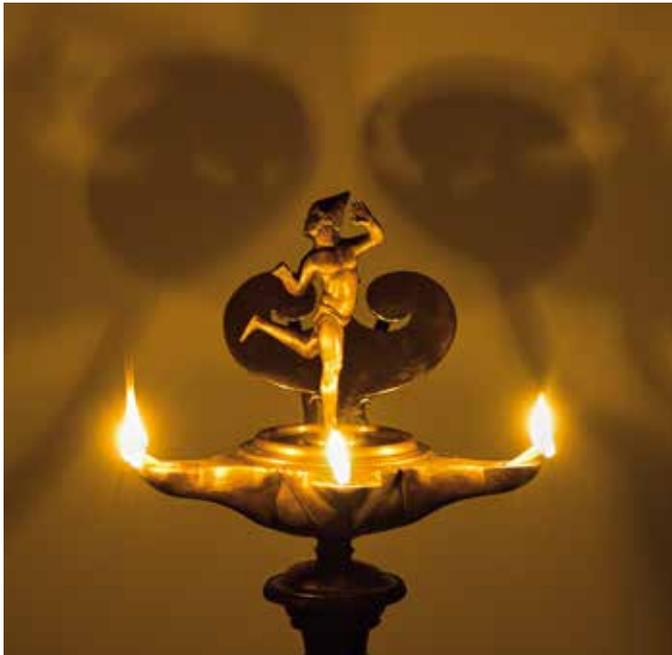
16 **Der Lichtfänger**  
Kristalle als Superlinsen: Ein Forschungsteam entwickelt clevere neue Materialien, um Energie nachhaltiger zu erzeugen.

21 **Das Licht ferner Welten**  
Gibt es Leben da draußen? Kleinste Signaturen aus der Atmosphäre von Exoplaneten helfen, eine der größten Fragen des Universums zu beantworten.

26 **Die Energie vom Himmel holen**  
Wie Sonnenlicht und andere regenerative Quellen dazu beitragen können, unsere Lebensgrundlagen zu sichern

30 **Eine Archäologie der Sinne**  
Flammenspektakel, Schattenkino, Hauskulte: Wie im Römischen Reich soziale, aber auch religiöse Macht in Szene gesetzt wurde

36 **Schichtwechsel**  
Warum unser Immunsystem auf Hochtouren läuft, wenn das Licht aus ist und wir schlafen



Licht der Antike: Lampenschein wie im alten Rom **30**



Antarktis: Proben sammeln am eisigen Rand der Welt **56**

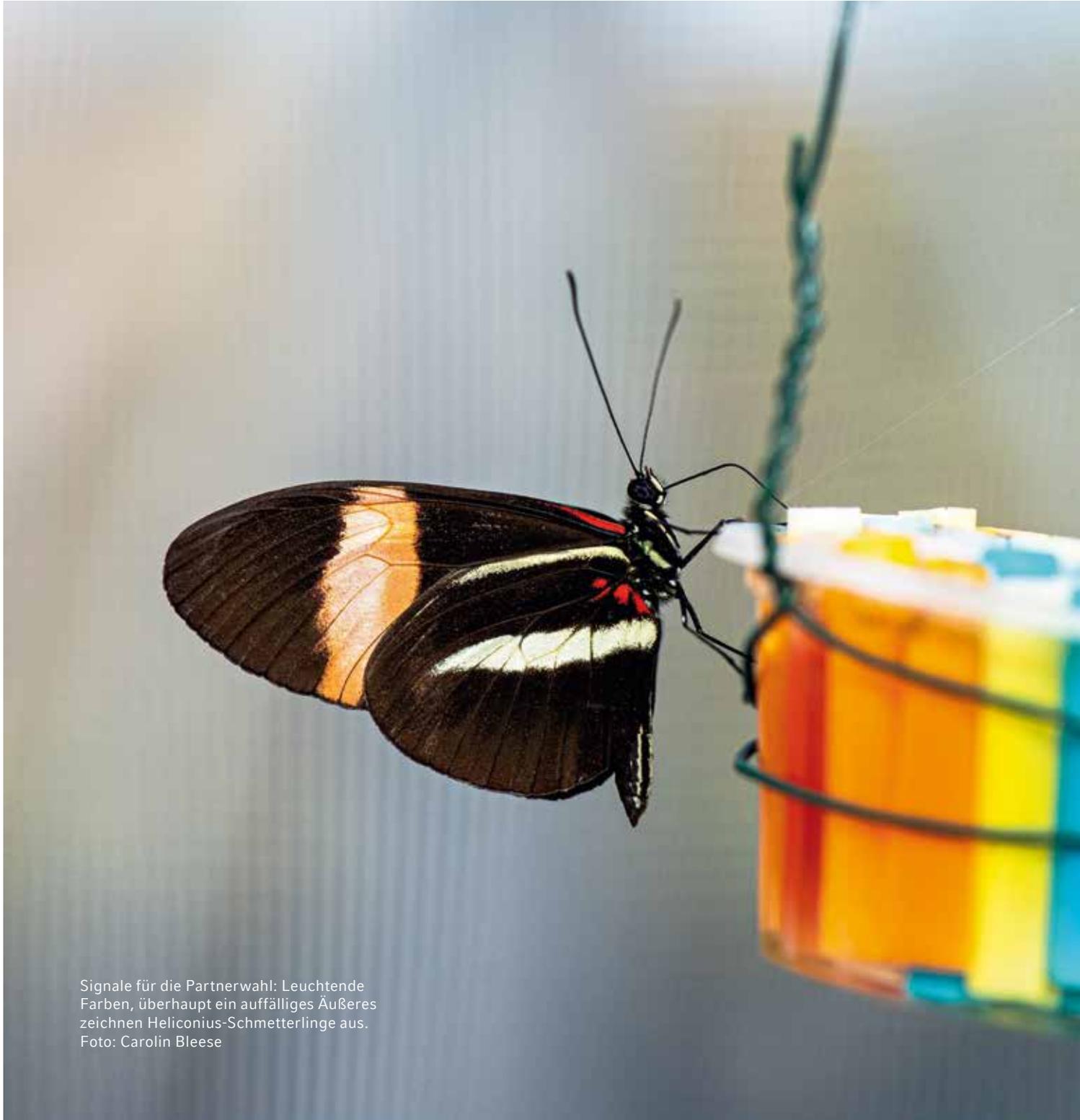
## Panorama

- 40 Antworten auf den traurigen Smiley**  
Was hilft Schulen aus der Misere? Ein Gespräch über PISA und Lehrkräfte, die etwas verändern wollen
- 46 Regeln für eine bessere Welt**  
Über innovative Gemeinschaftsentwürfe und Weltdeutungen in spätmittelalterlichen Klöstern
- 50 Barrieren überwinden**  
Wie die Teilhabe von Kindern mit Hörbehinderung gelingen kann und warum Sprachentwicklungsstörungen später Probleme machen können
- 56 Erwärmung in der Kältekammer**  
Komplexes System: Warum die Antarktis eine Schlüsselregion für das globale Klima ist

## Rubriken

- 3 Editorial**
- 10 Der Dolmetscher**  
Oliver Jahraus über „kafkaesk“
- 64 Büchertisch**
- 66 Die Zukunftsfrage**  
Warum bleibt die Vermögensungleichheit über Generationen bestehen?
- 66 Impressum**

**Titelbild:** Die Sonne geht auf im Orbit – von der Raumstation ISS aus 16-mal am Tag ein gleißendes Spektakel, „Licht an“ auch für Solarpanels. Foto: NASA / eyevine / Laif



Signale für die Partnerwahl: Leuchtende Farben, überhaupt ein auffälliges Äußeres zeichnen Heliconius-Schmetterlinge aus.  
Foto: Carolin Bleese



## Besser balzen

Evolutionsbiologen identifizieren in tropischen Schmetterlingen erstmals ein Gen, das das Verhalten bei der Partnerwahl beeinflusst.

Leuchtende Farben und Muster auf den Flügeln sind ein charakteristisches Kennzeichen der tropischen Heliconius-Schmetterlinge. Dieses auffällige Äußere schreckt nicht nur Fressfeinde ab, es ist auch ein wichtiges Signal für die Partnerwahl. Ein internationales Team um den LMU-Evolutionsbiologen Richard Merrill hat sich die außergewöhnliche Vielfalt der Warnmuster verschiedener Heliconius-Arten zunutze gemacht, um die genetischen Grundlagen solcher Präferenzen an drei Heliconius-Arten zu untersuchen: *Heliconius melpomene* und *Heliconius timareta*, die beide ein leuchtend rotes Band auf dem Vorderflügel tragen, sowie *Heliconius cydno*, die ein weißes oder gelbes Vorderflügelband aufweist. Dabei zeigte sich, dass Männchen aller Arten jeweils Partner bevorzugen, die aussehen wie sie selbst.

Wie die Forschenden mithilfe verschiedener genetischer Untersuchungen nachwiesen, ist die Präferenz für rote Weibchen sowohl bei *H. melpomene* als auch bei *H. timareta* mit einer genomischen Region verbunden, die diesen beiden rot-gebänderten Arten gemeinsam ist. In genau dieser Region identifizierten sie das Gen *regucalcin1* als das ausschlaggebende Gen, das die visuellen Präferenzen beider Arten steuert. Wird *regucalcin1* ausgeschaltet, beeinträchtigt das das Balzverhalten gegenüber Artgenossen, was eine direkte Verbindung zwischen diesem Gen und dem Balzverhalten beweist. Damit ist es den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern erstmals gelungen, eine direkte Verbindung zwischen einem Gen und Verhalten nachzuweisen.

Weitere Analysen zeigten, dass irgendwann in der evolutionären Vergangenheit *regucalcin1* von *H. melpomene* durch Einkreuzung an *H. timareta* weitergegeben wurde. Durch *regucalcin1* wurde dann die Anziehungskraft von roten Weibchen und damit der Fortpflanzungserfolg von *H. timareta* erhöht. „Wir sehen überall in der Natur Unterschiede in den visuellen Präferenzen, wenn Tiere Partner wählen. Insgesamt konnten wir mit unseren Ergebnissen zum ersten Mal eine direkte Verbindung zwischen einer bestimmten visuellen Präferenz und einem spezifischen Gen zeigen und nachweisen, dass Hybridisierung bei der Evolution dieser Verhaltensweisen eine Rolle spielt“, betont LMU-Forscher Merrill. *Science*, 2024



## Vieratomige Supermoleküle

**Durchbruch in der Quantenphysik: LMU-Physiker stabilisieren einen neuen Molekültypus.**

Einem Team um LMU-Physiker Immanuel Bloch, Sprecher des Exzellenzclusters MCQST, ist es erstmals gelungen, einen neuen Molekültypus zu stabilisieren: sogenannte feldgebundene vieratomige Moleküle. Diese „Supermoleküle“ sind so zerbrechlich, dass sie nur bei ultrakalten Temperaturen existieren können. Die in der Studie erzeugten Moleküle bestehen aus mehr als zwei Atomen und wurden erfolgreich auf 134 Nanokelvin heruntergekühlt. Das Ergebnis markiert einen Meilenstein in der Erforschung exotischer ultrakalter Materie. Nature 2024

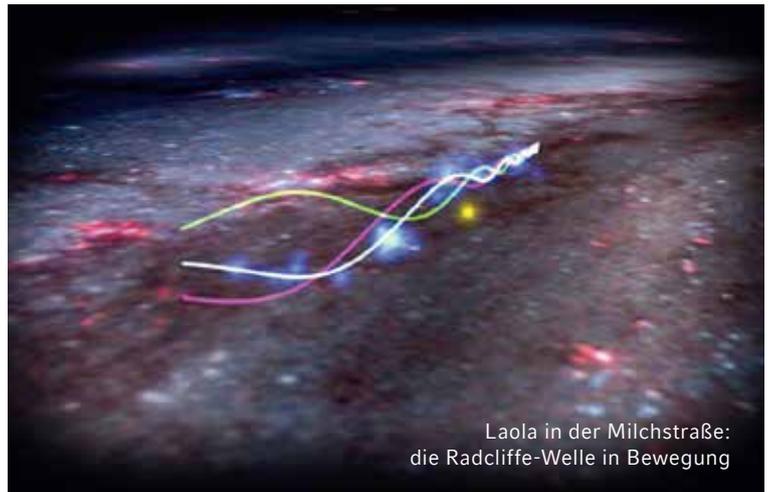


**KI-Tool erkennt schwere Augenkrankheit bei Pferden:** Ein Team um Tiermedizinerin Anna May hat ein Deep Learning Tool entwickelt, das Mondblindheit bei Pferden zuverlässig erkennt und Tierärzte bei der Diagnose unterstützen kann. Equine Veterinary Journal 2024

## Astrophysik: Die Welle bewegt sich!

**Sie schwingt und driftet vom Zentrum der Milchstraße weg.**

Die Radcliffe-Welle ist eine von Sternentstehungsgebieten durchwirkte gewellte Gasstruktur, die sich über das halbe Firmament erstreckt. Ein internationales Team hat Daten des Europäischen Weltraumteleskops GAIA analysiert und mit zusätzlichen Messungen eine tomographische Rekonstruktion der dreidimensionalen galaktischen Staubverteilung erstellt. So errechneten sie eine dynamische 3D-Karte aller benachbarten Sterngruppen und Gaswolken. Das Team um Astrophysiker Ralf Konietzka, jetzt an der Harvard University, fand heraus: Die Radcliffe-Welle sieht nicht nur aus wie eine Welle, sondern bewegt sich auch so. Mit anderen Worten: Sie oszilliert. Nature 2024



Laola in der Milchstraße:  
die Radcliffe-Welle in Bewegung

## Meta-Algorithmus beeinflusst Wahlwerbung

**Ist der Kampf um Stimmen auf Facebook und Instagram verzerrt?**

Auf Social Media können Parteien über „Targeting“ maßgeschneiderte politische Botschaften an ausgewählte Nutzergruppen senden. Ein Team um LMU-Forscher Stefan Feuerriegel hat über 80.000 politische Werbeanzeigen aus dem Wahlkampf zur Bundestagswahl 2021 untersucht. Parteien des gesamten politischen Spektrums nutzten zielgerichtete Werbung – der Algorithmus aber ließ nicht alle gleichermaßen erfolgreich sein: „Wir finden erhebliche Unterschiede in der Reichweite bei einem gegebenen Budget“, so Feuerriegel. Die Grünen bekamen bei weitem die wenigsten Impressionen für ihr Geld. Am besten schnitt die rechtspopulistische AfD ab – ihre Werbung war fast sechsmal so kosteneffizient. Die Autoren mahnen zur Vorsicht und werben für mehr Kontrolle und Transparenz – auch in Hinblick auf anstehende Wahlen. PNAS Nexus 2024

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

## Darf ich dich anfassen?

**Wer eine Wahl hat, bevor man ihn berührt, empfindet die Interaktion als angenehmer.**

Selbst bei unbedeutenden Berührungen kann das vorherige Einverständnis der Betroffenen darüber entscheiden, ob sie den Kontakt als angenehm empfinden. Das hat ein Team um LMU-Forscherin Ophelia Deroy herausgefunden. Dafür streichelten die Forschenden im Experiment sanft den Arm der Testpersonen. In einem Durchgang wählten diese selbst aus, wo am Arm sie berührt werden wollten. Um Entscheidungsfreiheit und Berührung voneinander trennen zu können, ging es bei einer weiteren Versuchsreihe darum, ob die Personen mit einem blauen oder einem weißen Handschuh berührt werden wollten. Die angebotene Wahl bezog sich in diesem Fall also nicht darauf, ob und wo die Versuchspersonen grundsätzlich berührt werden wollten. In einem dritten Versuchsablauf schließlich wurden diese Details vorgegeben, die Teilnehmerinnen und Teilnehmer hatten kein Mitspracherecht. Die Ergebnisse sind eindeutig: Wenn die Teilnehmenden eine Wahl hatten, selbst bei irrelevanten Faktoren wie der Farbe des Handschuhs, nahmen sie dieselbe Berührung als wesentlich angenehmer wahr. Nicht nur im privaten Umgang miteinander, sondern auch im klinischen Bereich könne diese Strategie Anwendung finden, beispielsweise bei berührungsbasierten Therapien. „Wenn Patientinnen und Patienten mehr Kontrolle über ihre Behandlung haben, könnte dies einen noch größeren Nutzen bringen als bisher angenommen“, sagt die Doktorandin Lenka Gorman. AP&P 2024



Beprobung von Flusswasser

## Mittelgebirge sind die größten CO<sub>2</sub>-Senken

**Wie beeinflussen Erosion und Verwitterung die Kohlenstoff-Bilanz?**

Seit vielen hundert Millionen Jahren variiert die mittlere Temperatur auf der Oberfläche der Erde um nicht viel mehr als 20° Celsius. Um das zu erklären, muss es eine Art „Thermostat“ geben, der über geologische Zeiträume hinweg die Menge an CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre reguliert. Eine wichtige Rolle spielen dabei Erosion und Verwitterung von Gestein. Ein Team um den LMU-Geologen Aaron Bufe und Niels Hovius vom Deutschen GeoForschungsZentrum (GFZ) hat den Einfluss dieser Prozesse auf die Kohlenstoffbilanz der Atmosphäre modelliert. Das überraschende Ergebnis: Die CO<sub>2</sub>-Aufnahme durch Verwitterungsreaktionen ist in Mittelgebirgen mit moderaten Erosionsraten am höchsten; nicht in Hochgebirgen, in denen Gesteine besonders schnell erodieren. Science 2024

### Die Zahl

# 450.000.000.000 km

Die Geburt von Sternen ist ein dynamischer Prozess, geprägt durch komplexe Gasstrukturen in Form von Spiralen und Ausläufern. Sie werden als „Fütterungsfäden“ bezeichnet und speisen das gasförmige Material aus der Umgebung wie kosmische Nabelschnüre in den heranwachsenden Stern ein. Ein Team um LMU-Physikerin Basmah Riaz hat einen Braunen Zwerg in seiner frühesten Entstehungsphase vor die Linse bekommen: Seine Fütterungsfäden erstrecken sich über ein Gebiet von ungefähr 2000-3000 Astronomischen Einheiten – umgerechnet etwa 300-450 Milliarden Kilometer. MNRAS 2024

# Der Dolmetscher:

## Oliver Jahraus über „kafkaesk“



Es gibt 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.

„Dass ein Autor mit seinem Namen ein Adjektiv prägt, ist ungewöhnlich. Damit es dazu kommen kann, braucht es wohl erstens ein wirklich extrem bekanntes Werk, und dazu zählen Kafkas Romane, Erzählungen und sogar seine Tagebücher in besonderer Weise. Aber es braucht zweitens eine spezifische und gleichzeitig eingängige Vorstellung von diesem Werk. Sie kann auf einer starken Abstraktion des Erzählten beruhen, dann aber trotzdem zu sehr vereinfachten Urteilen führen, zu Sätzen wie: ‚Kafka ist düster‘, ‚Kafka ist sinnlos‘, ‚Kafka ist absurd‘. ‚Kafka zeigt, wie wir angesichts von Mächten, die wir nicht begreifen, einer Bürokratie etwa, immer wieder scheitern‘.

Und dann kommt eben ein solches Adjektiv wie ‚kafkaesk‘ zustande, das sich längst vom direkten Bezug auf Kafka ge-

löst hat und heute in allen möglichen Zusammenhängen auftaucht. Kafkaesk – das benennt eine Erfahrung des Unverständlichen und deswegen Bedrohlichen, des Unlogischen und deswegen Irrationalen, einer Macht, der man unterliegt, die man aber nicht durchschaut und die man vielleicht nicht einmal wahrnehmen kann.

Aber da müssen wir aufpassen. Das Adjektiv kafkaesk ist ja nicht das Adjektiv zu Kafka, sondern ist das Adjektiv zum – und das klingt jetzt ein bisschen tautologisch – zum Kafkaesken selber, also zu dieser Vorstellung, die wir uns von ihm machen. Kafka leistet einer solchen Parallelisierung einigen Vorschub, doch er selbst, sein Leben und sein Werk sind keineswegs kafkaesk. Der kafkaeske Kafka ist ein Mythos. Kafka war kein Mensch, der an der Welt verzweifelte, sie als düster und sinnlos empfand. Er war nicht sozial isoliert, im Gegenteil. Die Biografie kann Einiges zeigen, aber sie ist nicht der interpretatorische Schlüssel zum Werk.

Und wenn Kafka Fahrten auslegt und etwa seine Protagonisten in *Der Proceß*

und *Das Schloß* ‚Josef K.‘ beziehungsweise schlicht ‚K.‘ nennt, um nur den simpelsten Trick zu nennen, dürfen wir darauf nicht reinfallen. Die berühmteste Falle, die er aufbaut, ist die Frage nach seinem Vater. In seinem Werk tauchen immer wieder übermächtige Vaterfiguren auf, die ihre Söhne in den Tod und in den Selbstmord treiben. Und wenn er den *Brief an den Vater* schreibt, einen echten Brief im Übrigen, vom dem er eigentlich wollte, dass sein Vater ihn bekommt, so ist auch der durchzogen von Überhöhungen.

Kafkas Texte provozieren die Lesenden, zu interpretieren, und verweigern ihnen gleichzeitig ein eindeutiges Sinnangebot. Gerade dadurch macht er eine – kafkaeske – Welt transparent. Kafka hat dieses Spiel auf die Spitze getrieben. Gerade das macht ihn so modern.“ Protokoll: math

### Prof. Dr. Oliver Jahraus

ist Inhaber des Lehrstuhls für Neuere deutsche Literatur und Medien und Vizepräsident für den Bereich Studium der LMU. Er hat mehrere Bücher zum Werk Franz Kafkas veröffentlicht, zuletzt *Franz Kafka. 100 Seiten* (siehe S. 65).

# Gründen für die Gesellschaft

Misst sich unternehmerischer Erfolg nur am Profit? Nein, sagt Ali Gümüşay und verweist auf die sogenannten Zebras: Ein Unternehmen könne beides – Geld verdienen und die Welt ein bisschen besser machen.

In der Start-up-Welt regiert ein Fabelwesen: Der Status als Einhorn – jung, erfolgreich und mehr als eine Milliarde US-Dollar wert – gilt hier als Nonplusultra. Doch gerade mischt noch ein anderes Tier die Firmenwelt auf: das Zebra. So werden Unternehmen bezeichnet, die nicht nur Gewinne erzielen, sondern auch die Gesellschaft positiv beeinflussen wollen. Der Wirtschafts- und Organisationswissenschaftler Ali Aslan Gümüşay erforscht am Innovation & Entrepreneurship Center (IEC) der LMU, was Zebras brauchen, um erfolgreich zu sein – und wie sich Erfolg überhaupt definiert, wenn es um mehr geht als Geld.

Herr Gümüşay, will nicht jedes Unternehmen gern ein Einhorn sein?

**Gümüşay:** Natürlich haben Einhörner etwas Magisches, nicht nur in der Fabelwelt. Aber es geht vielen Gründerinnen und Gründern nicht nur darum, sehr reich zu werden. Aus vielen Studien wissen wir: Ja, wir wünschen uns finanziellen Erfolg, aber irgendwann scheint es genug zu sein für Glück und Glückseligkeit. Eigentlich hoffen wir auf ein erfülltes Leben.

Und wie sieht das aus?

**Gümüşay:** Manche Unternehmerinnen und Gründer treibt es an, anderen zu dienen, andere glauben an bestimmte Organisationen oder werden geleitet durch ihren eigenen Wertekompass. Für wieder andere stehen metaphysische Wesen zum Beispiel aufgrund eines Glaubens im Fokus des Handelns. Alle eint, dass es

ihnen um ein soziales äußeres und persönliches inneres Wirken geht. Sie wollen zentrale gesellschaftliche Herausforderungen bewältigen. Insofern glaube ich nicht, dass jedes Unternehmen ein Einhorn sein will.

Was unterscheidet die Zebras unter den Unternehmen denn genau von den Einhörnern?

**Gümüşay:** Wie Einhörner wollen auch Zebras auf eigenen Beinen stehen, Profit erwirtschaften und damit ökonomisch nachhaltig sein. Darüber hinaus ist aber der gesellschaftliche Mehrwert die zentrale Zieldimension. Ein Zebra braucht nicht wie ein Einhorn einen Marktwert von mehr als einer Milliarde. Seine Gleichung ist erfüllt, wenn es einen Profit größer null erwirtschaftet und gleichzeitig einen erheblichen positiven Einfluss auf die Gesellschaft ausübt. Dieser Einfluss kann ökologischer oder sozialer Natur sein – oder auch beides.

## Wie misst man den Wert von Gemeinnützigkeit?

Wenn von Unternehmen die Rede ist, die sich gesellschaftlich engagieren, fallen oft viele Begriffe: Gemeinwohlorientierung, soziales Unternehmertum, Impact-Unternehmertum. Was steht wofür?

Dem Gemeinwohl dient ein Zebra schon per Definition. Allerdings muss man das Gemeinwohl abgrenzen von der juristi-

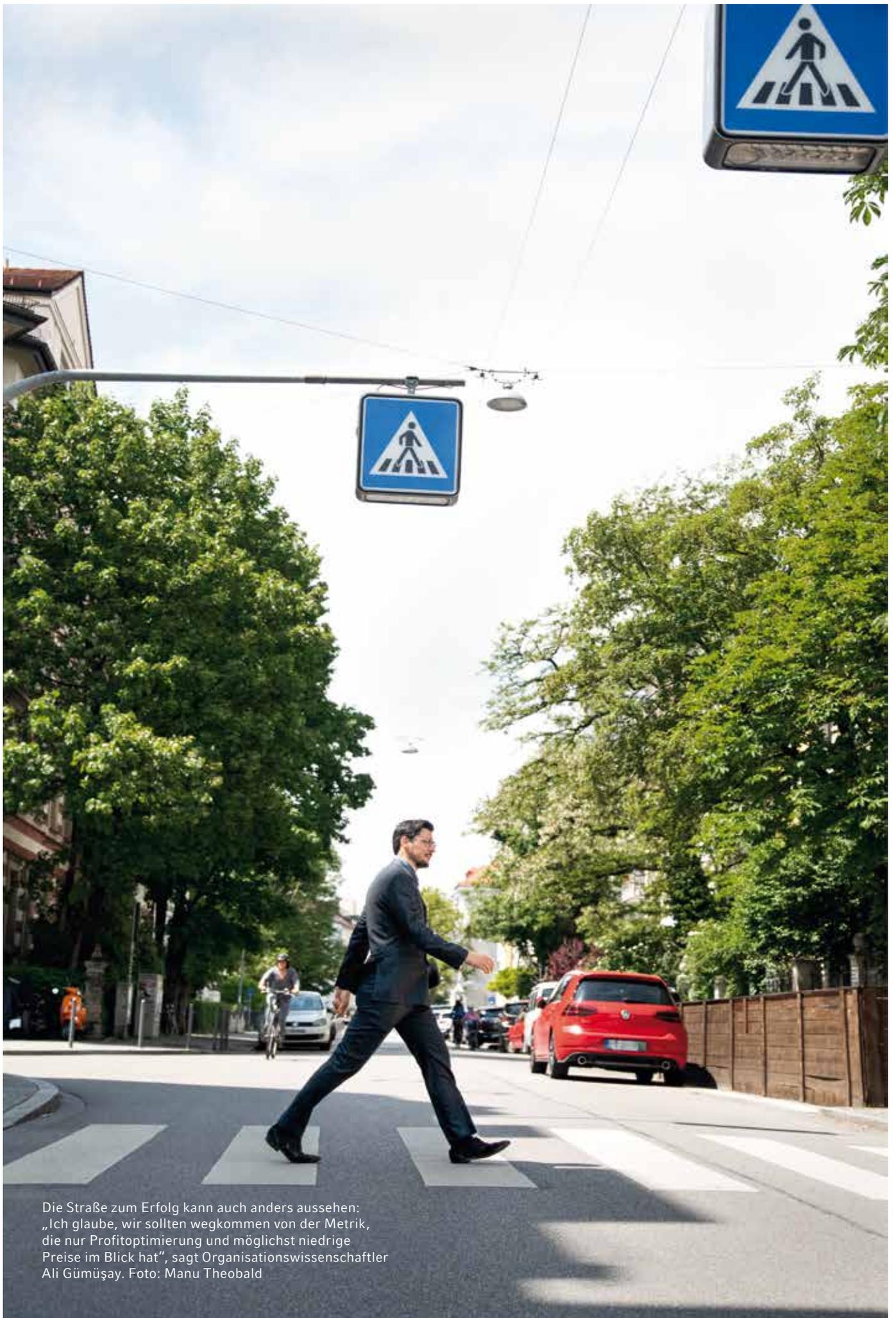
sehen Form der Gemeinnützigkeit. Am Begriff des sozialen Unternehmertums kann man kritisieren, dass er sich sprachlich nur auf die soziale Komponente konzentriert. Ich spreche am liebsten vom Impact-Unternehmertum, da der Begriff meines Erachtens am inklusivsten ist. Im Grunde beschreiben aber alle Begriffe eine Form des Wirtschaftens, die nicht allein den Profit in den Vordergrund stellt.

Wie wird dieser positive Einfluss gemessen und bewertet?

**Gümüşay:** Das ist gar nicht so einfach. Es hängt davon ab, welchem gesellschaftlichen Beitrag wir einen höheren Stellenwert zuschreiben. Ist es das Unternehmen, das mit seiner Arbeit 1.000 Menschenleben rettet, oder jenes, das eine Million Bäume pflanzt? Was man aber sagen kann: Die Zielvision und ihr Erreichen, einen großen Impact zu leisten, macht ein Unternehmen zu einem Zebra. Ein bekanntes Beispiel ist der Outdoorhersteller Patagonia, der besonders nachhaltig produziert und verkauft und sich schon in den 1980er-Jahren dazu verpflichtet hat, mindestens ein Prozent seines Umsatzes für den Umweltschutz zu spenden.

Einen grünen Anstrich gibt sich ja heute fast jedes Unternehmen. Wie erkennt man, ob es ein Zebra ist oder „Greenwashing“ betreibt?

**Gümüşay:** Das ist in der Tat für den Einzelnen nicht immer leicht. Aber Verbraucherinnen und Verbraucher können zum



Die Straße zum Erfolg kann auch anders aussehen:  
„Ich glaube, wir sollten wegkommen von der Metrik,  
die nur Profitoptimierung und möglichst niedrige  
Preise im Blick hat“, sagt Organisationswissenschaftler  
Ali Gümüşay. Foto: Manu Theobald

# »Natürlich haben Einhörner etwas Magisches, nicht nur in der Fabelwelt. Aber es geht vielen Gründerinnen und Gründern nicht nur darum, sehr reich zu werden.«

Beispiel darauf achten, ob Unternehmen sich freiwillig als sozial und ökologisch nachhaltiges Unternehmen zertifizieren lassen, etwa als Teil der sogenannten B-Corp-Bewegung. Auch in anderen Netzwerken finden sich Unternehmen, die sich selbst strenge Regeln setzen, man findet sie unter Schlagwörtern wie „Purpose“ oder „Verantwortungseigentum“. Unter „Purpose“ versteht man eine übergeordnete Mission für die Gesellschaft oder Umwelt, die ein Unternehmen verfolgt. Auch beim „Verantwortungseigentum“ steht dieser übergeordnete Zweck im Mittelpunkt und ist verankert in der Rechtsform, nicht kurzfristiges Streben nach Profit.

## Eine Beziehung zu dem aufbauen, was wir konsumieren

Man muss also auf die richtige Zertifizierung achten.

**Gümüşay:** Was die Sache allerdings nicht einfacher macht: Es gibt auch Unternehmen, die nicht die Ressourcen haben, ihr soziales oder ökologisches Engagement zu kommunizieren oder zertifizieren zu lassen, obwohl sie nachhaltig sind. Um die Lage übersichtlicher zu gestalten, wäre generell mehr Transparenz sinnvoll. Ein Label, das klar kennzeichnet, zu welchen Standards sich ein Unternehmen bekennt, hilft dabei. Doch die Leute müssen auch für sich selbst entscheiden, nach welchen Werten sie konsumieren möchten.

Was meinen Sie damit genau?

**Gümüşay:** Wer viel Wert legt auf regionale Produkte, wird sich schwerer tun, beim Discounter fündig zu werden. Da muss vielleicht eine Gemüsebox vom Bauernhof her. Andere stehen womöglich vor der Frage, ob ihnen Bio-Ware oder Fair-Trade-Produkte wichtiger sind. Die Ant-

worten auf diese Fragen muss jede und jeder für sich selbst finden.

Wie blicken Sie selbst auf das Thema?

**Gümüşay:** Ich habe mit meiner Familie früher in Oxford gelebt, wo wir Teil einer solidarischen Landwirtschaftsgemeinschaft waren, eine durchaus prägende Erfahrung. Um nur ein kleines Beispiel zu geben: Als wir dort dem neugeborenen Kalb einen Namen geben durften, hatte das für uns zwar keinen monetären Mehrwert. Aber trotzdem hat es etwas mit uns gemacht. Ich glaube, wir sollten wegkommen von der Metrik, die nur Profitoptimierung und möglichst niedrige Preise im Blick hat. Stattdessen sollten wir eine Beziehung aufbauen zu dem, was wir konsumieren. Auch das schafft einen Mehrwert.

Gibt es Unternehmen, die sich nicht mit der Absicht gründen, ein Zebra zu sein, aber im Lauf der Zeit einen gesellschaftlichen Mehrwert schaffen?

**Gümüşay:** Ja, manchmal verändern sich Unternehmen. In der Fachterminologie sprechen wir hier auch vom Pivoting, einem Umschwenken. Wer schon viel erreicht hat, fragt sich manchmal auch, was er oder sie der Gesellschaft nun zurückgeben kann. Auf diese Weise kann ein Einhorn zum Zebra werden.

Geht das so einfach?

Nein. Wenn ein börsennotiertes Unternehmen seinen Aktionärinnen und Aktio-

nären verpflichtet ist, kann es sich nicht so einfach vom Streben nach Gewinnmaximierung verabschieden. Es sei denn, bestimmte Werte sind schon so tief im Unternehmen verankert, dass sich Führungsriege, Mitarbeitende und Anteilseigner einig sind: Es würde dem Unternehmen schaden, sich von diesen Werten zu verabschieden.

Gibt es solche Firmen tatsächlich?

**Gümüşay:** Ja, auch im deutschen Mittelstand tummelt sich so manches Zebra. Insbesondere viele Familienunternehmen schreiben ihren eigenen Familienwerten einen höheren Stellenwert zu als dem Profit. Was das in der Praxis bedeutet, zeigte sich beispielsweise während der Pandemie, als diese Unternehmen trotz großer Probleme keine Stellen abbauten, sondern einen langen Atem bewiesen.

Wie kommt ein Zebra an das nötige Kapital von Investoren, um zu wachsen?

**Gümüşay:** Hier müssen wir zwischen zweierlei Typen unterscheiden: Zebras, die ohnehin auf hohe Profite aus sind und nebenbei gesellschaftliche Veränderungen anstoßen möchten, haben genauso gute Chancen auf Risikokapital wie andere Unternehmen auch. Dort, wo der Impact den Profit verringert, tun sich Startups bei klassischen Investorinnen und Investoren schwerer. Allerdings gibt es immer mehr Geldgeber, die ihre eigenen Messkriterien anlegen und andere Erwartungen an junge Unternehmen haben.



Wie misst man den positiven Einfluss von Impact-Unternehmen? Das ist gar nicht so leicht, sagt Ali Gümüşay, denn „es hängt davon ab, welchem gesellschaftlichen Beitrag wir einen höheren Stellenwert zuschreiben.“ Foto: Manu Theobald

Die Bundesregierung hat im vergangenen Jahr eine Nationale Strategie für gemeinwohlorientierte Unternehmen beschlossen. Wie bewerten Sie diese?

**Gümüşay:** Als wichtig und richtig. Es braucht bessere institutionelle Rahmenbedingungen für gemeinwohlorientierte Unternehmen und einen klaren Rechtsrahmen, der besser zu ihren Zielen und ihrem Wirken passt. Wichtig ist auch eine bessere Förderung. Zuletzt braucht es ein solides Ökosystem, also zum Beispiel einen funktionierenden Austausch zwischen diesen Unternehmen und uns als Wissenschaft. Das Gesetz setzt für all diese Aspekte einen guten Rahmen. Aller-

dings muss dieser Rahmen nun auch gefüllt werden. Warten wir mal ab, wie viele soziale Innovationen in den kommenden Jahren tatsächlich gefördert werden.

Kann ein Zebra im Wettbewerb mit den Einhörnern denn überhaupt konkurrenzfähig sein?

**Gümüşay:** Diese Frage legt nahe, dass Zebras und Einhörner im gleichen Feld spielen. Das tun sie aber nur auf faire Weise, wenn wir den Bewertungsmaßstab weiten und nicht nur auf den Umsatz oder Profit schauen. Welchen Wert hat es, wenn ein Zebra neben etwas Profit auch Tausende Menschen gesünder macht,

aber dabei weniger Geld verdient als ein anderes Unternehmen? In meinen Augen ist das sehr konkurrenzfähig!

Interview: Felicitas Wilke

**PD Dr. Ali Aslan Gümüşay**

bezeichnet sich selbst als Organisationswissenschaftler. Er promovierte in Oxford, danach folgten Stationen an der WU Wien, der University of Cambridge und der Universität Hamburg. Seit 2023 forscht er am Innovation & Entrepreneurship Center (IEC) der LMU. Seine Professur ist an der LMU Munich School of Management angesiedelt. Parallel dazu leitet er eine Forschungsgruppe am Humboldt Institut für Internet und Gesellschaft in Berlin.

# Schwerpunkt

## Licht an Was die Welt erstrahlen lässt

Sonne und Licht haben offenbar ihren ganz eigenen Zauber. Sie speisen bis in die Metaphern hinein unsere Vorstellung von Natur und Technik, vom Leben schlechthin – und vom Fortschritt. Und so ist auch die neue *Einsichten*-Ausgabe *Licht an* ein Heft über die Magie und die Kraft des Lichtes geworden. Im Schwerpunkt begleiten wir LMU-Forscherinnen und -Forscher ganz unterschiedlicher Disziplinen. Sie suchen nach neuen Materialien für die Wasserstoffproduktion mit Sonnenlicht, entwickeln Strategien für nachhaltige Energiegewinnung oder rekonstruieren Lichtinszenierungen in der Antike. All diese Arbeiten zeigen, was Licht für die Welt bedeutet.

# Der Lichtfänger

Kristalle als Superlinsen: Der LMU-Physiker Emiliano Cortés entwickelt clevere neue Materialien, um Energie nachhaltiger zu erzeugen und so fossile Energieträger wie Öl oder Gas zu ersetzen.

Von Janosch Deeg

Der Superkristall, der gegen eines der größten Probleme der Menschheit helfen soll, sieht überraschend unspektakulär aus: ein dünnes, rechteckiges Plättchen aus Glas mit wenigen Zentimetern Kantenlänge. Um einen Hinweis auf sein enormes Potenzial zu finden, muss man das zerbrechliche Scheibchen schon unter ein wuchtiges Mikroskop legen. Dringt man mit dem Gerät in Dimensionen von mehreren Hundert Nanometern vor – ein menschliches Haar ist durchschnittlich 700.000 Nanometer dick, der Radius eines Atoms beträgt etwa 0,1 Nanometer –, eröffnet sich dem Betrachter plötzlich ein perfektes Muster. Hunderttausende kreisrunde Kugeln liegen dichtgepackt und wohlgeordnet nebeneinander. Eine Struktur, die es in sich hat: Sie kann Sonnenlicht extrem gut auffangen – und soll irgendwann helfen, unsere Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Aber der Reihe nach.

Emiliano Cortés, Professor für Experimentalphysik an der LMU, hat das Potenzial des Materials als Sonnenlichtkollektor im Jahr 2021 als Erster erkannt. Die Grundlagen dafür stammen von Forschungsteams aus Hamburg beziehungsweise Berlin. „Einer der beteiligten Wissenschaftler, Florian Schulz, hielt auf einer Konferenz einen Vortrag direkt vor meinem“, erinnert sich Cortés. Schulz arbeitet am Institut für Nanostruktur- und Festkörperphysik in Hamburg und berichtete, wie seine Arbeitsgruppe

Goldnanopartikel mithilfe eines Polymers in einem einlagigen Film auf eine Oberfläche deponiert. Materialwissenschaftler nennen das Prinzip dahinter „self assembly“, was so viel bedeutet wie „Selbstanordnung“. Man muss die Partikel also nicht mit irgendwelchen Hilfsmitteln an eine vorgesehene Stelle bugsieren. Stattdessen ordnen sie sich von alleine an – in diesem Fall, wenn die Flüssigkeit verdampft, in der die Nanopartikel mit den Polymeren gelöst sind.

Ähnlich wie die Atome in einem Kristall sind die winzigen Goldkügelchen schließlich in Reih und Glied nebeneinander platziert. Weil sich diese kristalline Struktur über Bereiche von Millimetern bis hin zu Zentimetern erstreckt, bezeichnen die Erfinder sie auch als Superkristall. Als Cortés nun von diesem Material hörte, realisierte er, dass es ideal für eine Anwendung seiner Gruppe geeignet ist. Im Anschluss an die Konferenz sprach er mit Schulz, eine vielversprechende Kooperation war die Folge.

## Effizient grünen Wasserstoff mithilfe von Sonnenlicht herstellen

Cortés und seine Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an der LMU suchen unter anderem nach Wegen, emissionsfreien Kraftstoff herzustellen. Dieser soll in Zukunft fossile Energieträger wie Öl, Gas und Kohle ersetzen, um den Ausstoß

schädlicher Treibhausgase zu reduzieren. Ein aussichtsreicher Kandidat ist Wasserstoff. Wird er verbrannt, entsteht als Abfallprodukt lediglich Wasser. Das Problem: Das Gas muss zunächst chemisch hergestellt werden (am besten in großen Mengen), und dafür wird Energie benötigt.

Bislang stammt diese hauptsächlich aus fossilen Energieträgern, weshalb der Wasserstoff in der Regel alles andere als grün ist. LMU-Forscher Cortés möchte das ändern. „Wir wollen Wasserstoff mithilfe von Sonnenlicht produzieren.“ Was hierzu allerdings immer noch fehlt, ist eine effiziente Methode, bei der nicht der Großteil der Energie während des Herstellungsprozesses verloren geht. Das passiert etwa, wenn man das Sonnenlicht zunächst in elektrische Energie umwandelt und diese dann für die Elektrolyse nutzt, bei der Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten wird.

Hier kommen die Superkristalle ins Spiel: Jeder der einzelnen Goldpartikel wirkt buchstäblich wie eine „Superlinse“, die das Sonnenlicht und die damit transportierte Energie einfängt. Das liegt daran, dass sichtbares Licht stark mit den Elektronen in den Nanopartikeln wechselwirkt und diese zum Schwingen anregt. Heißt: Die Elektronen beginnen, im Gleichschritt von der einen zur anderen Seite einer Goldkugel zu flitzen. Eine Art Mini-Magnet entsteht, Fachleute sprechen von einem Dipolmoment. Die kollektiven Schwingungen wiederum nennen sie Plasmonen. Plasmonische Oberflä-



Mehr Licht: Emiliano Cortés hat eine Vision. „Ich hoffe sehr, dass ich mit meiner Arbeit dazu beitragen kann, die globalen Herausforderungen der Klimakrise zu lösen“, sagt der LMU-Physiker. Foto: Florian Generotzky

chen wie die Goldnanostrukturen nehmen viel mehr Lichtenergie auf als eine Oberfläche, die flächendeckend mit Gold beschichtet ist. Am effizientesten sind Strukturen, bei denen die winzigen Partikel sehr eng beieinander liegen – im Fall der Superkristalle aus Gold betragen die Abstände ungefähr fünf Nanometer. Der Durchmesser eines einzelnen Partikels liegt bei rund 100 Nanometern.

### Weltrekord bei grüner Wasserstoff-Produktion mit Sonnenlicht

Doch wie lässt sich die aufgenommene Energie nun nutzen, um Wasserstoff zu produzieren? Cortés kam auf die Idee, die Goldstrukturen mit Platin zu kombinieren. Dieses Metall treibt die Umwandlung von Ameisensäure zu Wasserstoff unter Lichteinstrahlung an, eine sogenannte Fotokatalyse. Da Platin allerdings Licht recht schlecht absorbiert, ist diese chemische Reaktion üblicherweise nicht sehr effizient. Platziert man jedoch Platinnanopartikel zwischen die Goldnanopartikel, passiert Folgendes: Die von den Plasmonen erzeugten elektrischen Felder übertragen Energie auf die Platinpartikel, und die Umsatzrate der Fotokatalyse

nimmt erheblich zu. Das Team um Cortés packte also – ebenfalls mit der Methode der Selbstanordnung – zusätzlich Partikel aus Platin mit einem Durchmesser von fünf Nanometern zwischen die Goldpartikel. Fertig war ein Material, das Wasserstoff aus Ameisensäure erzeugt – und zwar erstaunlich effizient. Pro Stunde und pro Gramm Katalysator entstehen 139 Millimol Wasserstoff. Das ist Weltrekord.

Cortés – Bartträger und eher Typ T-Shirt als Typ Businesshemd – wuchs in einer Kleinstadt in Argentinien auf und studierte dann Chemie an der Universität in La Plata. „Damals konnte ich mir nicht vor-

## »Die meisten Chemikalien werden produziert, indem man fossile Energieträger verbrennt. Wir bräuchten chemische Reaktoren, die mit Sonnenlicht arbeiten.«

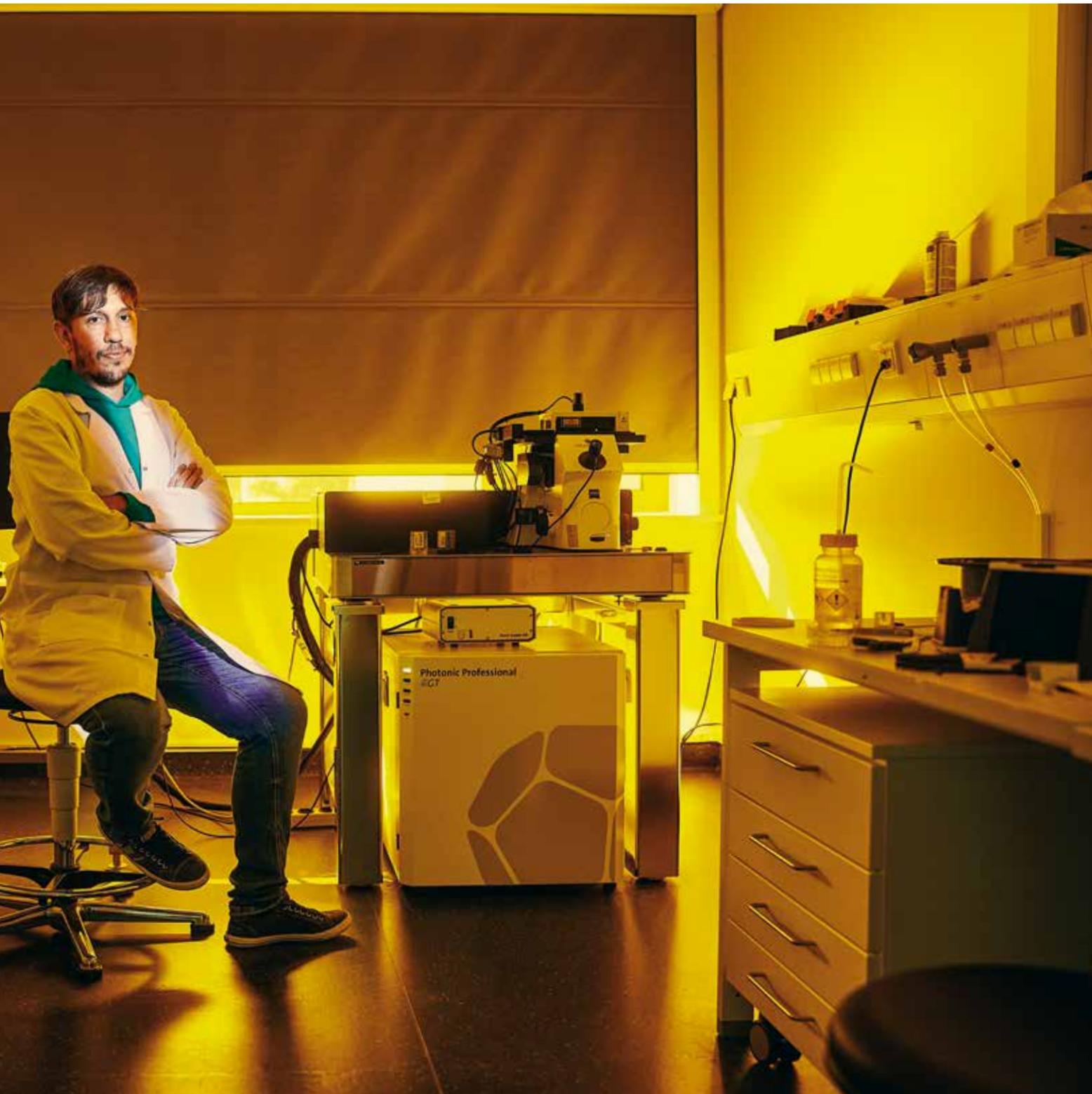
stellen, dass ich mal Professor in Deutschland sein werde“, sagt er rückblickend. Während seiner Promotion verbrachte er einen sechsmonatigen Forschungsaufenthalt in Neuseeland. „Da habe ich das erste Mal realisiert, dass ich außerhalb von Argentinien arbeiten möchte.“ Als Postdoc ging er ans Imperial College nach London und wurde Gruppenleiter. Anfang 2019 kam er dann als vergleichsweise junger Professor an die LMU. „Ich liebe die internationale Atmosphäre hier am Campus. Das Umfeld ist optimal für meine Forschung, weil es viele gibt, die an ähnlichen Dingen arbeiten wie ich“, schwärmt er.

### Internationales Team sucht nach neuen Nanomaterialien

Seine Gruppe „Nanomaterials for Energy“ an der LMU besteht inzwischen aus mehr als zwanzig Leuten aus der ganzen Welt, die Gruppe ist auch an den Exzellenzcluster e-Conversion angebunden. Nicht alle Mitglieder beschäftigen sich mit der Herstellung von grünem Wasserstoff; generell dreht sich im Team alles um Nanomaterialien: solche, die sich für nachhaltige und effiziente Energieerzeugung oder -speicherung verwenden lassen oder eben solche, die wie der Superkristall



Laborarbeit: Auf der Suche nach neuartigen Nanomaterialien, die sich für eine nachhaltige Energieerzeugung verwenden lassen, experimentiert Emiliano Cortés mit Superkristallen aus winzigen Goldkugeln, die Sonnenlicht effizient einfangen können. Foto: Florian Generotzky





Plasmonische Strukturen im Fokus: Mit einer von Emiliano Cortés entwickelten Apparatur lässt sich das Verhalten innovativer Materialien direkt beobachten. Foto: Florian Generotzky

Lichtenergie nutzen, um bestimmte chemische Reaktionen anzukurbeln. Manche der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter fahnden zum Beispiel nach Materialien, mit denen sich CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre entfernen lässt. „Nur weniger Treibhausgase auszustoßen, wird nicht reichen, um den Klimawandel aufzuhalten. Es ist schon zu viel davon in der Atmosphäre“, sagt Cortés. Plasmonische Strukturen könnten Reaktionen antreiben, die CO<sub>2</sub> aus der Luft in andere Stoffe umwandeln, denkt er.

Zur Entwicklung solcher innovativen Materialien gehört auch, sie ausgiebig zu inspizieren. „Wir müssen zunächst verstehen, was auf mikroskopischer Ebene passiert, um Anwendungen entwerfen und die Eigenschaften der Strukturen optimieren zu können“, sagt Cortés. Zu diesem Zweck hat seine Gruppe eine etablierte Mikroskopiermethode weiterent-

wickelt, die auf der Oberflächenstreuung von Licht basiert. Noch bis vor Kurzem wurde die Technik nur für biologische Proben eingesetzt. „Wir fragten uns: Können wir das Mikroskop nicht auch in den Materialwissenschaften nutzen, um ultraschnelle Energieeffekte auf Oberflächen zu beobachten?“ Sie konnten: „Es funktionierte viel besser, als wir dachten“, berichtet Cortés.

### In Echtzeit Molekülstrukturen beobachten

Die Forschenden können mit dem Apparat, getauft „Surflight“, etwa in Echtzeit verfolgen, wie der Wasserstoff auf den plasmonischen Strukturen entsteht – und so etliche wichtige Fragen beantworten. Zum Beispiel: An welchen Stellen reagie-

ren die Moleküle? Wie ändert sich die Produktionsrate abhängig von der Lichtintensität? Das Projekt wird seit Anfang 2024 von der EU mit einem ERC Grant gefördert. Zwei Patente wurden bereits angemeldet, und ein Startup-Unternehmen soll das Mikroskop demnächst kommerziell vermarkten. Cortés denkt, dass es in zahlreichen Branchen zum Einsatz kommen könnte, etwa in der Halbleiterindustrie, bei der Batterieentwicklung und -herstellung oder im Bereich der grünen Energie.

Eine der weitreichendsten Ideen des Argentiniers ist die Transformation von Teilen der Chemieindustrie: „Die meisten Chemikalien werden produziert, indem man fossile Energieträger verbrennt“, erklärt der Fachmann. Denn die Reaktionen brauchen viel Energie, zum Beispiel für hohe Temperaturen und Drücke, unter denen sie ablaufen. „Wir bräuchten chemische Reaktoren, die mit Sonnenlicht arbeiten“, findet Cortés. Hier ließen sich zum Beispiel fotokatalytische Nanostrukturen verwenden und so erhebliche Mengen an Energie aus nicht nachhaltigen Quellen einsparen.

Genau solche Visionen treiben Cortés an. „Ich hoffe sehr, dass ich mit meiner Arbeit dazu beitragen kann, die globalen Herausforderungen der Klimakrise zu lösen.“ Und womöglich werden dabei auch unscheinbare, dünne Plättchen aus Glas eine Rolle spielen.

#### Prof. Dr. Emiliano Cortés

ist seit 2019 Professor für Experimentalphysik an der LMU. Der mit einem ERC Starting Grant und einem ERC Proof of Concept Grant ausgezeichnete Physiker leitet die Arbeitsgruppe Nanomaterialien für Energie am Nanoinstitut München der LMU. Er gehört zudem dem Exzellenzcluster e-conversion zur Erforschung der Grundlagen von Energieumwandlungsprozessen, dem Center for Nanoscience (CeNS) und der Bayerischen Initiative für Solartechnologien (SolTech) an.

# Das Licht ferner Welten

Gibt es Leben da draußen? Der Astrophysiker Kevin Heng wertet kleinste Signaturen aus der Atmosphäre von Exoplaneten aus, um eine der größten Fragen des Universums zu beantworten – und erhält dabei auch wichtige Hinweise über ihre Entstehung.

Von Alexander Stirn

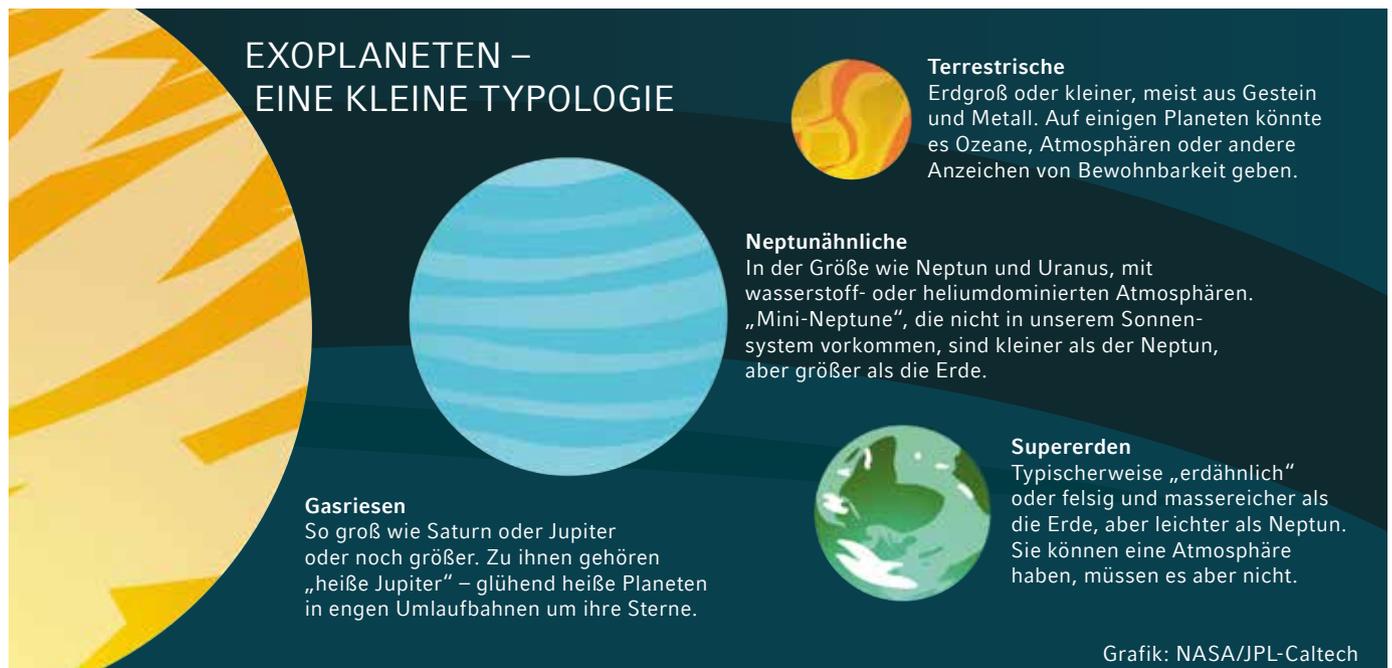
Exoplaneten sind eher scheue Gesellen. Allzu viel geben die fremden Welten nicht preis, wenn sie sich in der Umgebung weit entfernter Sterne verraten – entweder, weil die Planeten auf ihrer Umlaufbahn kurz das Licht ihres Heimatsterns verdecken oder weil sie so stark an ihm zerren, dass das Sternenlicht zu pulsieren scheint. Lediglich Größe, Masse und somit die Dichte der Exoplaneten können Astronomen aus solchen Beobachtungsdaten abschätzen. Mehr nicht.

Es gibt allerdings einen Trick, um weitere Details über die unscheinbaren Planeten

zu erfahren: Sofern die fremden Welten, von denen Forschende inzwischen mehr als 5.600 Exemplare nachweisen konnten, über eine Gashülle verfügen, durchdringt ein winziger Teil des Sternenlichts auf seinem Weg zur Erde diese Atmosphäre. Unweigerlich hinterlassen die in der Hülle vorhandenen Moleküle im Sternenlicht dabei ihre chemischen Signaturen. Diese Spuren sind zwar schwach, Astronomen können sie heutzutage aber mit entsprechend leistungsfähigen Teleskopen aufspüren.

„Wenn wir mehr als Größe, Masse und Dichte wissen wollen, wenn wir etwas über die Chemie oder Biologie auf Exo-

planeten erfahren möchten, dann ist die Atmosphäre unser Fenster dazu“, sagt Kevin Heng. „Lehrstuhlinhaber für Theoretische Astrophysik“ steht auf der Visitenkarte des gebürtigen Singapurers. Exoplanetenatmosphärenforscher wäre treffender: Heng, der seit August 2022 an der LMU lehrt und forscht, will mithilfe der Signaturen aus der Gashülle mehr über Exoplaneten erfahren: Wie haben sie sich gebildet? Was sind die Bedingungen vor Ort? Gibt es Hinweise auf geologische Aktivitäten oder sogar auf irgendeine Art von Biologie? Und, ganz oben auf der Liste: Sind wir allein im Kosmos? „Das Studium exoplanetarer Atmosphären ist vielleicht unsere beste Chance,



## »Das Studium exoplanetarer Atmosphären ist wohl unsere beste Chance, fremdes Leben im Universum zu entdecken.«

fremdes Leben im Universum zu entdecken“, sagt Heng.

Rund zwanzig Jahre ist es her, dass Forschende erstmals die Atmosphäre eines Exoplaneten entdeckten. Spuren von Natrium konnten sie damals nachweisen – ein für Biologie und Geologie eher nichtsagendes Element. Zwei Jahrzehnte später sieht die Welt anders aus. Insbesondere der Start des James-Webb-Weltraumteleskops im Dezember 2021, das tiefer und schärfer ins Universum blickt als alle Teleskope zuvor, hat dem Studium exoplanetarer Atmosphären einen Schub versetzt. Nachweise von Wasser, Sauerstoff, Methan, Kohlenstoffdioxid sind inzwischen zur Routine geworden. Und das Licht ist der Schlüssel dazu.

### Licht ist der Schlüssel: Moleküle hinterlassen in der Atmosphäre ihre Spuren

Spektroskopie heißt die Technik, mit der sich eine Planetenatmosphäre auch in vielen Lichtjahren Entfernung untersuchen lässt: Jedes Molekül der planetaren Gashölle verschluckt das Licht des Heimatsterns bei ganz bestimmten Farben, Wellenlängen genannt. Wird dieses Sternenlicht von irdischen Teleskopen aufgefangen und wie ein Regenbogen in seine Bestandteile zerlegt – die Physik spricht von einem Spektrum –, werden all diese dunklen Absorptionslinien sichtbar. „Jedes Molekül kann einen ganzen Wust sol-

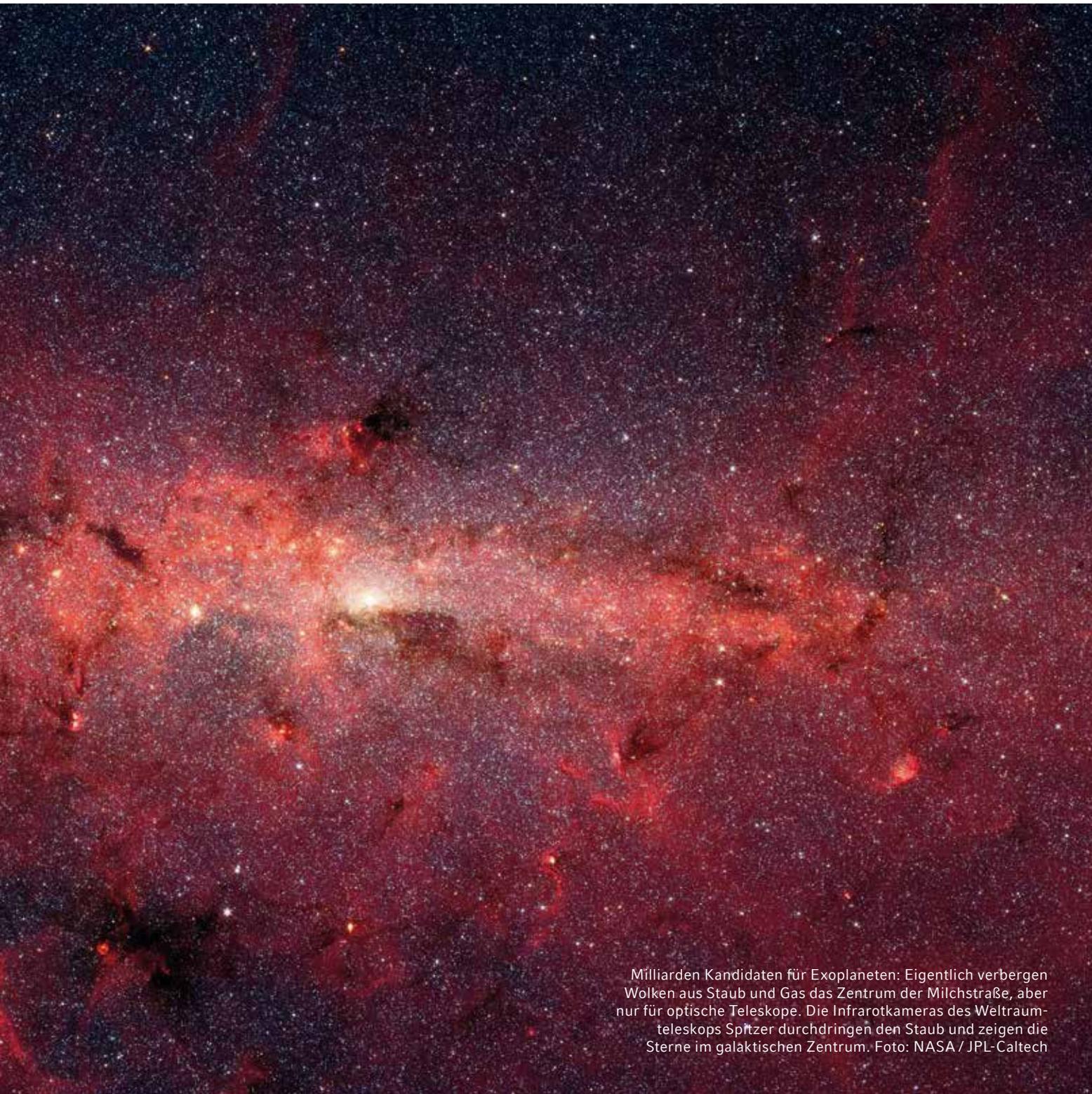
cher Linien erzeugen“, sagt Astrophysiker Heng. „Sind die Beobachtungsdaten gut genug, ist das wie ein eindeutiger Fingerabdruck.“

Soweit das Handwerk. Die Kunst oder – in Hengs Worten – die wissenschaftliche Herausforderung besteht nun darin, aus diesem Gewirr an Linien die richtigen Schlüsse über die geologischen, chemischen und biologischen Bedingungen vor Ort zu ziehen.

Das ist alles andere als einfach, denn viele Spuren, viele Fingerabdrücke, können in die Irre führen. Sauerstoff zum Beispiel gilt auf der Erde als klares Indiz für Leben. Auf einem wasserreichen Exoplaneten, der der harten ultravioletten Strahlung seines Heimatsterns ausgesetzt ist, könnte sich hingegen ein anderes Szenario abspielen: Das UV-Licht spaltet das Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff. Die Anziehungskraft des Planeten reicht nicht aus, um den leichten Wasserstoff festzuhalten, er entweicht ins All. Zurück bleibt jede Menge Sauerstoff, dessen Fingerabdruck im Spektrum deutlich zu erkennen ist. Und trotzdem hat all das nichts mit organischen Verbindungen oder gar mit Leben zu tun. Gleiches gilt für Kohlendioxid: Auf der Erde ist das Gas vor allem biologischen Ursprungs, auf einem Exoplaneten womöglich nur das Produkt von Vulkanismus.

Genau solche falschen Fährten will Kevin Heng mit seiner Arbeit aufdecken. Und er will wissen, welche Muster, welche Mole-





Milliarden Kandidaten für Exoplaneten: Eigentlich verbergen Wolken aus Staub und Gas das Zentrum der Milchstraße, aber nur für optische Teleskope. Die Infrarotkameras des Weltraumteleskops Spitzer durchdringen den Staub und zeigen die Sterne im galaktischen Zentrum. Foto: NASA / JPL-Caltech

külsuren im Sternenlicht es braucht, um die exoplanetare Geochemie zu verstehen oder um sicher von biologischen Ursprüngen sprechen zu können. „Im aktuellen Stadium unserer Forschung ist es daher wichtig, so viele Moleküle wie möglich zu messen“, sagt der 45-Jährige. „Das ist ein bisschen wie eine Schatzsuche, bei der erst später klar werden wird, wie wertvoll der Schatz ist und was er uns verrät.“

Heng ist keiner jener theoretischen Physiker, wie sie in klischeebehafteten Lehrbüchern vorkommen mögen. Er ist niemand, der wochenlang mit Papier und Bleistift an seinem schlichten Holzschreibtisch sitzt und unentwegt Gleichungen löst. Er ist niemand, der den ganzen Tag grübelnd an die geflieste Rückwand seines Siebzigerjahre-Büros in der Münchner Universitäts-Sternwarte starrt. Dafür ist Heng viel zu umtriebig. Und dafür ist sein Forschungsgebiet, das in München nicht ohne Grund in den Exzellenzcluster ORIGINS eingebunden ist, viel zu breit und viel zu interdisziplinär.

## Lassen sich irdische Kreisläufe auf ferne Planeten übertragen?

Natürlich hat auch klassisches theoretisches Arbeiten seinen Part im Alltag von Heng. Da ist zum Beispiel die zentrale Frage, ob und wie sich Theorien, die für die Erde und für unser Sonnensystem entwickelt worden sind, überhaupt auf ferne Exoplaneten übertragen lassen. Der irdische Kohlenstoffkreislauf bestimmt beispielsweise, wie sich der Kohlendioxidanteil in der Erdatmosphäre langfristig entwickelt. Gilt so etwas auch für Exoplaneten? „Das ist noch alles andere als klar“, sagt Heng. „Die Frage, inwieweit sich fundamentale physikalische

und chemische Prinzipien universell anwenden lassen, ist fürs Verständnis von Exoplaneten aber von entscheidender Bedeutung.“

Heng arbeitet hier gezielt im Labor mit Geochemikern zusammen. Eine der zentralen Fragen: Welche Gase werden freigesetzt, wenn Felsbrocken unterschiedlicher Zusammensetzung schmelzen? Und wie passt das zu den Fingerabdrücken felsiger Exoplaneten, die mit Teleskopen aufgefangen werden können? Experimente sollen darüber genaueren Aufschluss geben – und die Erkenntnisse wiederum in die Theorien und Simulationen einfließen.

Als Heng vor zehn Jahren anfang, sich mit Exoplaneten zu beschäftigen, damals noch an der Universität Bern, bestand einer seiner ersten Ansätze darin, für die Erde entwickelte Klimasimulationen auf ferne Planeten zu übertragen. Solche Berechnungen am Computer sind auch heute noch wichtig für Heng. So arbeiten er und sein Team auch in München am Lehrstuhl daran, Atmosphären- und Klimamodelle besser an neueste Messungen anzupassen.

Die Forschenden verwenden dabei auch echte Beobachtungsdaten. Etwa ein Dutzend Datensätze des James-Webb-Teleskops sind mittlerweile in München angekommen. Sie werden am Lehrstuhl analysiert, die spektralen Fingerabdrücke werden genommen und die Ergebnisse mit den theoretischen Modellen abgeglichen.

Heng, der als kleiner Junge Astronaut werden wollte, sich dann aber auf die Astrophysik besann, ist daher auch an Raumfahrtmissionen beteiligt – nicht als Instrumentenbauer, dafür ist er dann doch zu sehr Theoretiker, aber als Ideengeber. Für das europäische „Cheops“-

Weltraumteleskop, das gezielt nach Exoplaneten sucht und dessen wissenschaftliche Leitung in Bern liegt, hat er das Beobachtungsprogramm mit entwickelt. Und wenn Europa Ende des Jahrzehnts mit „Ariel“ den nächsten Exoplanetenjäger startet, ist Heng auch wieder mit dabei. Auf seine Initiative hin hat sich die LMU dem wissenschaftlichen Konsortium der Raumfahrtmission angeschlossen. Heng sagt: „Wir wollen die LMU zu dem Ort in Deutschland machen, an dem die Spezialisten zur Auswertung der ‚Ariel‘-Daten sitzen.“

Astronomen, die Spektren von Exoplaneten aufnehmen. Datenwissenschaftler, die Fingerabdrücke analysieren. Geologen, Klimaforscher und Chemiker, die Modelle aufstellen und verfeinern – die Arbeit am Lehrstuhl geht längst über klassische Astrophysik hinaus. Für Heng, dessen Doktorarbeit sich noch ganz traditionell um die Überreste explodierender Sterne drehte, ist das nichts Neues mehr. Als er anfang mit dem Studium von Exoplaneten, so erzählt er, habe er sich erst einmal Kenntnisse in Klima- und Atmosphärenforschung anlesen müssen. Und in München habe er direkt einen Geochemiker eingestellt. Die beiden bringen sich nun gegenseitig die Feinheiten ihres jeweiligen Fachs bei – und die damit verbundene Sprache.

## Offen sein für Wissen aus anderen Bereichen

„Man kann nicht nur Physiker sein, will man die Atmosphären von Exoplaneten verstehen“, sagt Heng. „Man muss offen sein für Wissen aus anderen Bereichen, und man muss einen Weg finden, mit Leuten aus diesen Disziplinen zu sprechen. Dafür habe ich viele Jahre ge-



Ist da jemand? Als kleiner Junge wollte Kevin Heng Astronaut werden. Jetzt sucht er in den Weiten des Universums nach Spuren fremden Lebens. „Es wird wohl erst die nächste Generation von Teleskopen und Menschen sein, die diese Frage beantworten kann.“ Foto: Oliver Jung

braucht.“ Geholfen hat ihm sein voriger Job als Direktor des Center for Space and Habitability in Bern, eines interdisziplinären Forschungszentrums rund um die Suche nach Leben im Universum.

Hengs wichtigste Erkenntnis: Es reicht nicht, einfach nur Spitzenforschende aus verschiedenen Disziplinen in einem Raum zusammenzubringen, so toll deren Lebensläufe auch aussehen mögen. „Dann passiert, so meine Erfahrung, ziemlich genau nichts“, sagt Heng. Es brauche vielmehr die richtigen Leute mit den richtigen Persönlichkeiten: aufgeschlossen, kommunikationsfreudig, in der Lage, über die Grenzen des eigenen Fachgebiets hinweg zu diskutieren. „So

etwas findet sich leider nicht im Lebenslauf, da ist immer ein bisschen Ausprobieren nötig.“

All das – die Interdisziplinarität und das gegenseitige Verständnis – wird noch wichtiger, wenn eines Tages verstärkt nach Leben auf Exoplaneten gesucht werden soll und somit auch die Biologie ins Spiel kommt. Denn noch ist völlig unklar, wie Leben auf anderen Welten aussehen könnte. Wie auf der Erde? Oder ganz anders? Und nach welchen Fingerabdrücken muss dann eigentlich gefahndet werden?

„Die Suche nach Leben ist natürlich das ultimative Ziel“, sagt Heng, er warnt zu-

gleich aber vor überzogenen Erwartungen. „Es wird wohl erst die nächste Generation von Teleskopen und Menschen sein, die diese Frage beantworten kann. Wichtig ist aber, dass wir nun die Grundlagen schaffen, um dorthin zu gelangen.“

**Prof. Dr. Kevin Heng**

ist Lehrstuhlinhaber für Theoretische Astrophysik extrasolarer Planeten an der LMU und Mitglied im Exzellenzcluster ORIGINS. Der aus Singapur stammende Forscher studierte Astrophysik in Colorado und wechselte dann an das legendäre Institute for Advanced Study der Princeton University. Danach leitete Heng, Jahrgang 1978, das Center for Space and Habitability der Universität Bern, bis er im Jahr 2022 an die LMU kam.

# Die Energie vom Himmel holen

Die Ökonomin Karen Pittel erforscht, wie Sonnenlicht und andere regenerative Quellen dazu beitragen können, unsere Lebensgrundlagen zu sichern.

Von Nikolaus Nützel

Getreide, das unter Solaranlagen wächst. Äpfel, die unter Photovoltaik-Paneele reifen. Wenn Karen Pittel darüber nachdenkt, wie sich die Energie der Sonne besser in Wohlstand umwandeln lässt als heute, fällt der LMU-Wirtschaftswissenschaftlerin die sogenannte Agri-Photovoltaik als ein Beispiel ein: „Damit kann man zwei Fliegen mit einer Klappe schlagen.“ Berechnungen etwa des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE zufolge ist in Deutschland nur ein Bruchteil des Potenzials ausgeschöpft, das in der Agri-PV steckt.

## Neue Energien brauchen neue Netze

Wie man das, was ökologisch und ökonomisch sinnvoll ist, in politisches Handeln übersetzen kann, ist eine Frage, mit der sich Karen Pittel in den vergangenen Jahren immer intensiver befasst hat. Sie lehrt und forscht nicht nur als Ökonomin an der LMU, sie leitet auch das ifo Zentrum für Energie, Klima und Ressourcen. Und sie ist Co-Vorsitzende des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU). Warum die Nutzung etwa von CO<sub>2</sub>-neutraler Solarenergie schnell ausgebaut werden muss, das illustriert das Gremium beispielsweise auf dem Einband eines seiner Gutachten recht plastisch: Er zeigt Radfahrer, die sich mit Schirmen vor der

Sonne schützen. Sonnenlicht hat eben nicht nur in physikalischer Hinsicht eine Doppelnatur als Welle und Teilchen. Es hat auch in ökonomischer und ökologischer Hinsicht eine Doppelnatur, es kann segensreich sein und zerstörerisch. Segensreich, wenn das Licht als Energiequelle genutzt wird. Zerstörerisch, wenn es die Atmosphäre, in der der CO<sub>2</sub>-Gehalt steigt, immer stärker aufheizt.

Vielleicht ist die Agri-Photovoltaik ein gutes Beispiel, um zu zeigen, wo das Dringliche, aber auch die Schwierigkeiten beim Ausbau der Regenerativen liegen. Es gibt Gründe, warum Agri-PV noch nicht so weit verbreitet ist, wie sie es sein könnte, ökonomische Gründe. Die Kombination von Photovoltaik und Landwirtschaft ist derzeit noch teuer. Doch Pittel hofft, dass die Kosten sinken. Und wenn PV-Anlagen über Flächen installiert werden, die gleichzeitig landwirtschaftlich genutzt werden, können sie die darunter liegenden Anbauflächen vor zu großer Hitze schützen und die Erträge steigern. Aber auch PV-Anlagen über Flächen, die sich selber überlassen bleiben, können der Natur und Menschheit nützen. „Das wäre dann auch im Sinne der Biodiversität“, sagt Pittel. Hier kann der Staat entsprechende Anreize, beispielsweise durch entsprechende Förderung, setzen.

Ein anderes Problem, das nicht nur bei einer intensiveren Nutzung der Agri-PV gelöst werden muss: Wie lässt sich zusätzlicher Sonnenstrom in die bestehenden Energienetze einspeisen, die darauf

noch nicht ausgerichtet sind? Bei der Energieversorgung lässt sich kein Problem getrennt von anderen betrachten. Wer zusätzliche Stromquellen erschließt, muss immer überlegen, wie er den Strom transportiert und speichert. Auch wenn der fossile Energieträger Erdgas zugunsten von CO<sub>2</sub>-neutral erzeugtem sogenanntem „grünen Wasserstoff“ an Bedeutung verlieren soll, muss das Leitungsnetz umgebaut werden. Entsprechende Szenarien und Berechnungen anzustellen, auch das ist Wirtschaftswissenschaft, wie Pittel sie betreibt.

## Die Umstellung wird „schmerzhaft und disruptiv“ sein

Dass es im Reigen der Hiobsbotschaften rund um den Klimaschutz durchaus positive Überraschungen gibt, zeigte im März 2024 eine Meldung des Umweltbundesamtes (UBA): Die Energiewirtschaft habe in ihrem Bereich die deutschen Klimaziele deutlich übererfüllt. Deutschland könne bis 2030 erreichen, was es sich bei der Verringerung der Treibhausgase vorgenommen hat. Diese Interpretation blieb nicht unwidersprochen, die Zwischenbilanz, so hieß es, falle vor allem wegen des milden Winters und der schwächelnden Wirtschaft so günstig aus. Und obendrein müsse die Energiewirtschaft Defizite im Verkehrssektor ausgleichen. Denn vor allem bei Pkw- und im Lastverkehr sinkt der Kohlendioxid-Ausstoß längst nicht so wie geplant.



Äpfel, die unter Solar-Paneelen reifen: Für Ökonomin Karen Pittel hat die Agri-Photovoltaik Potenzial. Versuchsanlage in Grafschaft-Gelsdorf, Rheinland-Pfalz, begleitet vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, August 2022. Foto: Jochen Tack / Picture Alliance

## »Die Staaten Europas müssen sich wesentlich besser koordinieren, wenn sie ihre Energieversorgung zukunftsfähig machen wollen.«

In einem „Policy Report“ des ifo Instituts, in dem Karen Pittel mit sechs anderen Wissenschaftlern aktuelle Empfehlungen dafür formuliert, wie die EU ihre Energieversorgung besser sichern und sich gleichzeitig gegen den Klimawandel stemmen kann, betonen die Autoren mehrfach: Die Umstellung der Energiesysteme werde „schmerzhaft und disruptiv“. Doch nichts zu tun, werde Folgen haben, die „weit disruptiver, teurer und schmerzhafter sind“, mahnt das Autorenteam.

### Bei einigen Seltenen Erden hat China fast eine Monopolstellung

Und selbst wenn der Klimawandel kein Problem wäre, hat der russische Angriffskrieg auf die Ukraine nach Ansicht von Pittel eines gezeigt: Die Energiepolitik der EU sei in wichtigen Bereichen „naiv und unvorbereitet“ gewesen, so das harsche Urteil des Berichts. Es ist den Mitgliedsstaaten nach dem Beginn des Krieges in der Ukraine zwar gelungen, den drastischen Rückgang von Gas- und Ölimporten aus Russland zu bewältigen. Doch die verschiedenen Maßnahmen der einzelnen Länder seien oft unkoordiniert und zum Teil widersprüchlich gewesen.

Pittel hält eine bessere europäische Koordination bei der Energieversorgung und Energiepolitik für notwendig, ebenso wie bessere Möglichkeiten, Energie zu

importieren und auszuführen. Die Erzeugung von Energie aus Sonne und Wind schwankt beträchtlich. Bislang organisieren die europäischen Staaten Backup-Kapazitäten, um diese Schwankungen auszugleichen, im Wesentlichen national. „Wenn bei uns wenig Sonne und kein Wind ist, könnte aber beispielsweise Frankreich gerade viel davon haben. Da könnte man mit einem besseren Austausch den Investitionsbedarf für Backups deutlich verringern“, schlägt Pittel vor.

„Die Staaten Europas müssen sich aber auch in anderer Hinsicht wesentlich besser koordinieren, wenn sie ihre Energieversorgung zukunftsfähig machen wollen“, sagt Pittel. Viele Rohstoffe, die für die Erzeugung erneuerbarer Energien und für die Speicherung etwa von Strom benötigt werden, stammen aus China. Die Großmacht hat bei einigen Seltenen Erden fast eine Monopolstellung auf dem Weltmarkt. Hier gibt es nach Pittels Einschätzung verschiedene Wege, um Abhängigkeiten zu verringern: mehr Recycling entsprechender Materialien, die Entwicklung alternativer Materialien, aber auch eine Diversifizierung der Lieferländer. Dabei kann auch Europa eine wichtige Rolle einnehmen. Denn auch hier werden immer wieder neue Vorkommen entdeckt, etwa in Schweden.

Doch sowohl das Recycling als auch die Neu-Erschließung von Lagerstätten sind teuer. Staatliche Unterstützung könne helfen, neue Recyclingmethoden zu ent-

wickeln und in die Anwendung zu bringen. Sie könne auch den Abbau von Rohstoffen in Europa ankurbeln. Quoten könnten Teil einer Lösung sein, glaubt sie. Wenn die Vorgabe eingeführt wird, dass die Industrie einen gewissen Teil ihres Bedarfs an seltenen Erden aus europäischen Quellen decken muss, entstehe eine entsprechende Nachfrage: „Und dann werden da auch Kapazitäten aufgebaut.“ Langfristig müssten sich diese Investitionen aber auch ohne dauerhafte Subventionen rechnen.

### Auf der Skala der drängendsten Probleme deutlich abgerutscht

„Eine intelligente Kombination von politischer Lenkung mit Marktmechanismen ist auch beim Klimaschutz der erfolgversprechendste Weg“, sagt Karen Pittel. Die Idee, den Ausstoß von Kohlendioxid durch politische Entscheidungen mit in Euro und Cent bezifferbaren Kosten zu verknüpfen, hält sie für richtungsweisend. Und sie ist überzeugt, dass höhere Kohlendioxid-Preise die gewünschte Wirkung entfalten können: „Dadurch werden fossile Energien aus dem System hinausgedrängt, weil sie im Verhältnis zu Erneuerbaren teurer werden.“

Allerdings ist sie nicht zufrieden damit, wie das Instrument der Kohlendioxid-Preisung kommuniziert wird: „Als der Kohlendioxid-Preis zum Anfang des Jahres erhöht wurde, stand nur im Mittelpunkt, um wie viel Cent der Liter Benzin teurer wird, und nicht, welche klimapolitische Überlegung dahintersteht. So wird suggeriert, es gehe nur darum, dass der Staat seine Einnahmen steigern kann.“ Ob sich wichtige Botschaften überhaupt breit transportieren ließen, da sei sie eigentlich „Berufsoptimistin“. Doch auf die



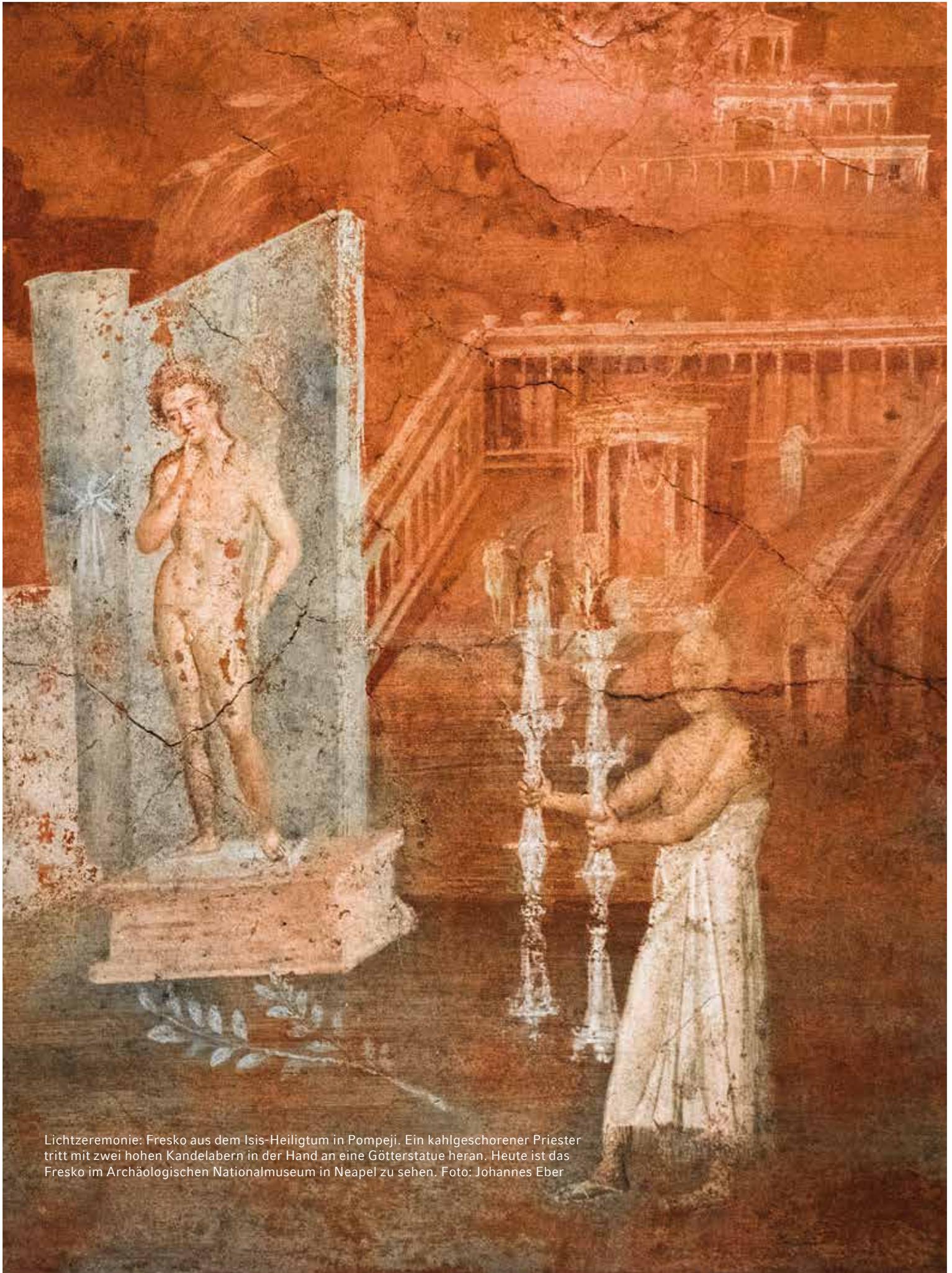
„Eine intelligente Kombination von politischer Lenkung und Marktmechanismen ist auch beim Klimaschutz der erfolgversprechendste Weg“, sagt Wirtschaftswissenschaftlerin Karen Pittel. Foto: Oliver Jung

Frage, wie gut die Kommunikation klima- und energiepolitischer Themen bislang insgesamt gelingt, antwortet die LMU-Wissenschaftlerin mit zwei Worten: „Schwerer Seufzer“.

Karen Pittel hat darum die Sorge, dass es nach den Europawahlen zunächst einen „Ruck weg vom Klimaschutz“ geben könnte. Und sie beobachtet es auch mit Sorge, wie sehr die öffentliche Meinung zu den Themen schwankt, die sie bewe-

gen. Umfragen zufolge rutschte das Themenpaar „Umweltschutz/Klimawandel“ auf der Skala der drängendsten Probleme zuletzt deutlich ab. Doch auch wenn das Thema Klimawandel von der Bevölkerung für weniger wichtig gehalten wird und auch wenn etwa Demonstrationen von Klimaschutz-Aktivisten es seltener sichtbar machen – eines sei unabweisbar, sagt die LMU-Forscherin: „Die Natur demonstriert selber. Durch Dürren, Überflutungen, Waldbrände.“

**Prof. Dr. Karen Pittel** ist Professorin für Volkswirtschaftslehre, insbesondere Energie, Klima und erschöpfbare natürliche Ressourcen, an der LMU. Sie ist zudem seit 2010 Direktorin des Zentrums für Energie, Klima und Ressourcen des ifo Instituts. Pittel studierte VWL in Göttingen und Chapel Hill, USA. Sie wurde an der TU Chemnitz promoviert und habilitierte sich an der ETH Zürich. Sie ist Mitglied des Wissenschaftlichen Beirates der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen seit 2016, seit 2021 dessen Co-Vorsitzende. Zudem ist sie Mitglied des bayerischen Klimarates.



Lichtzeremonie: Fresko aus dem Isis-Heiligtum in Pompeji. Ein kahlgeschorener Priester tritt mit zwei hohen Kandelabern in der Hand an eine Götterstatue heran. Heute ist das Fresko im Archäologischen Nationalmuseum in Neapel zu sehen. Foto: Johannes Eber

# Eine Archäologie der Sinne

Flammenspektakel, Schattenkino, Hauskulte: Die Archäologin Ruth Bielfeldt untersucht, wie im Römischen Reich soziale, aber auch religiöse Macht in Szene gesetzt wurde.

Von Hubert Filser

Das erste Licht entzündet der Hausherr in einer bronzenen Lampe. Es ist kurz vor Sonnenaufgang, die Hausbewohner sind im Dunkel des Hauses vor einer Nische im Atrium versammelt, auch die Sklaven. In einem Gefäß verbrennt der Hausherr Weihrauch und frische Feldfrüchte, versprengt in den aufsteigenden Rauch hinein Wein. Spritzer erreichen die Götterfiguren in der Nische, auch die Malerei unter der Vertiefung. Zwei große, gewundene Schlangen, die namenlosen Hausgeister, sind dort zu sehen, die sich die Früchte aus dem Feuer zu schnappen scheinen. In der Nische brennt nun vor den Götterstatuetten aus Bronze die Lampe mit heller Flamme, gespeist von Olivenöl. Die kleinen Kultfiguren – Götter und Schutzgeister der Familie – schimmern im Licht. Zwei tänzelnde Jünglinge, die Laren, werfen dramatische Schatten in die Nische des Hausaltars. Ihre bewegten Umrisse machen die Figuren lebendig, so als ob göttliche Wesen anwesend seien. „Morgens veranstaltete man in Hausschreinen ein kleines Spektakel“, sagt Ruth Bielfeldt. „Das war ein Licht- und Schattenkino, bei dem sich die Anwesenden der Gemeinschaft von Menschen und Göttern versicherten.“

Künstliches Licht spielte eine zentrale Rolle für die religiöse Praxis im römischen Haus, sagt die LMU-Archäologin. Allein in Pompeji haben Archäologen in 17 Hausschreinen eine künstliche Lichtquelle entdeckt, ein neues Sacrum mit unversehrten Bronzelampen ist erst jüngst im April 2024 in Regio IX zu Tage gekom-

men. „Das Licht und der Duft von Weihrauch und Rosenöl führten zu einem kollektiven Erleben. Das Sinnliche hatte eine gemeinschaftsstärkende Rolle; alle erlebten dasselbe, gemeinsam beschworen sie den Schutz der Götter.“ Die „Inszenierung“ etwa durch Licht brauchte es dabei durchaus, um die Götter sozusagen zur Einkehr einzuladen. „Das Aufleuchten eines Schreines konnte dann so erlebt werden: Jetzt sind sie da.“

## Licht schützt, Licht steht für das Feuer des Altars

Eine „Archäologie der Sinne“ nennt Bielfeldt selbst ihre Forschung. Sie untersucht, wie im Römischen Reich soziale und auch religiöse Macht mithilfe von Licht und Duft realisiert wurden. Kulte im Römischen Reich, egal ob privat oder in öffentlichem Rahmen zelebriert, waren zentral für die Gesellschaft, es ging immer darum, die Gemeinschaft zu organisieren und ihren jeweiligen Zusammenhalt zu stärken, dafür war Kunstlicht das wichtigste Instrument. „Licht schützt, Licht visualisiert das Erscheinen der Götter durch Glanz und Schatten. Und: Licht ist Feuer. Eine Lampe kann für einen brennenden Altar stehen“, sagt Bielfeldt. Wer sich um das Licht versammeln durfte, gehörte zur jeweiligen Gemeinschaft. Wer aber nicht im Licht stand, wer nicht Teil einer Zeremonie war, war gesellschaftlich ausgeschlossen. Der blieb im Dunkeln, ein Schatten.

Ein wichtiger Fokus ihrer archäologischen Forschungsarbeiten gilt dabei den Lampen selbst, deren Machart, deren Zweck und Bedeutung sie zu verstehen versucht. Jedes Detail ist dabei wichtig. Es geht um die Gestalt und Lichtwirkung, um die in den Lampen verwendeten Duftöle genauso wie um die Wärme, die sie ausstrahlen, und sogar ihre Geräusche. In Quellen ist oft die Rede davon, dass Lampen knistern, niesen, husten. „Diese Zeichen waren alle bedeutungshaft. Wie das Wetter morgen wird, das konnte man dem Schnupfen einer Lampe entnehmen.“

Archäologisch verschaffen vor allem die Lampen selbst einen Zugang zum antiken Alltag, zu seinen Ritualen und der im Ritual ausgelebten Sinnes- und Gedankenwelt. Viele spektakuläre Funde stammen aus den Vesuvstädten Pompeji und Herculaneum, die vom Vulkanausbruch im Jahr 79 n. Chr. im Asche- und Steinregen verschüttet worden waren. Die luxuriösen Bronzelampen sind selbst mit Statuetten ausgestattet. „Ich versuche, alle verfügbaren archäologischen Informationen und Eindrücke von einem Objekt und einem Ort zu nutzen, um am Ende aus diesen Daten eine Wahrnehmungswelt der Menschen damals zu rekonstruieren und diese neu erfahrbar werden zu lassen, zum Beispiel durch Einsatz der Virtual Reality“, erzählt die Archäologin. Diese Erkenntnisse versuche sie dann im Hinblick auf die sozialen Strukturen des religiösen und kulturellen Handelns zu interpretieren.

Auch philosophische Texte, die noch in das kaiserzeitliche Rom ausstrahlten,

## »Auf einmal waren da zwei große tanzende Schatten an der Wand! Und es war erstaunlich festzustellen, dass das menschliche Auge wie magisch von den Schatten angezogen ist, nicht von den Flammen oder der Figur.«

spielen bei ihren Recherchen eine Rolle. So befragt sie etwa Platon, insbesondere dessen berühmtes Höhlengleichnis, in dem es um eine grausame Schattenprojektion vor Gefangenen in einer Höhle geht. „Warum verwendet Platon den Schatten als Synonym für fehlende Erkenntnis, das interessiert mich. Für mich ist Platon auch archäologisch sehr spannend“, sagt Bielfeldt. „Er liefert Informationen etwa über eine Art von Schatten-theater, das wir sonst in den Quellen nicht fassen können und dessen Reflexe wir in römischen Lampen wiederfinden.“ Literarische Texte enthalten viele versteckte Hinweise auf das gelebte Leben. „Da muss man den Mut haben, verschiedene Disziplinen zusammenzubringen.“

Sie selbst habe historische Nachbildungen römischer Luxuslampen in Amerika

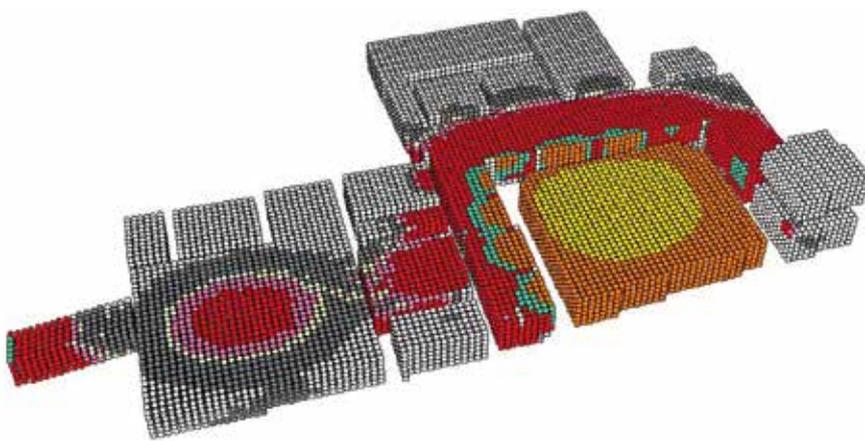
zu Forschungszwecken erworben, erzählt Ruth Bielfeldt. Auf die Idee, die Lichtinszenierungen genauer zu untersuchen, kam sie per Zufall. „Ich habe damals mal zuhause am Küchentisch in Cambridge Teelichter auf eine Lampe mit der Figur eines Silens gestellt. Auf einmal waren da zwei große tanzende Schatten an der Wand! Ein beeindruckender Effekt, ausgelöst nur durch zwei Flammen und eine kleine Statuette“, sagt sie. „Und es war erstaunlich festzustellen, dass das menschliche Auge wie magisch von den Schatten angezogen ist, nicht von den Flammen oder der Figur.“

Allein schon als Lichtquellen waren Öllampen wichtig, denn die meisten römischen Häuser waren innen sehr dunkel. In Pompeji ergaben Berechnungen im Inneren vieler fensterloser, dabei farben-

froh ausgemalter Räume Werte von weniger als zehn Lux, das ist dunkler als bei Vollmond. Auch im Atrium, dem überdachten Verteilerhof, wurde es tagsüber nie richtig hell, hier ergeben sich 300 Lux. Zum Vergleich: Draußen in der Sonne liegen die Werte bei 100.000 Lux. „Das römische Haus ist eine Sphäre des bewusst gestalteten Halbdunkels“, sagt Bielfeldt. Die Archäologin zitiert dazu gern den japanischen Schriftsteller Junichiro Tanizaki, der in „Lob des Schattens“ die Schattenlandschaft des japanischen Hauses vor der Einführung des elektrischen Lichtes besingt. „Man will eine Kontrolle über die Naturgewalten ausüben, gezielt Sonne und Regen einlassen.“ Der Weg zu Platon ist da nicht weit.

### Wilde Orgien und verborgene Rituale?

Doch Licht war in der antiken römischen Welt eben immer auch mehr als nur praktische Beleuchtung, es speiste Kunst und Lebenskultur, sagt Bielfeldt. In einem Projekt hat die Archäologin erstmals systematisch das römische Kunstlicht erforscht und die Lichtinszenierungen auch in ihrer umfangreichen Ausstellung „Neues Licht aus Pompeji“ in der Münchner Antikensammlung gezeigt, die als „Nuova Luce da Pompei a Roma“ in die Kapitoli-nischen Museen nach Rom ging und eine der erfolgreichsten Ausstellungen in Italien im vergangenen Jahr war.



Ein Ort des gestalteten Halbdunkels: Marco Danilo Campanaro hat das natürliche Licht in der Casa dei Epigrammi Greci kartiert.  
© Marco D. Campanaro, Lund University

Lux (lx)	≤ 40.0	≤ 3000.0
□ ≤ 10.0	■ ≤ 300.0	■ ≤ 5000.0
■ ≤ 25.0	■ ≤ 400.0	■ ≤ 10000.0
■ ≤ 30.0	■ ≤ 1000.0	■ < out of range >



Tanzende Schatten: Das Original der Lampe mit dem Fledermausreflektor stammt aus der Villa Arianna in Stabiae. Ruth Bielfeldt erforschte für ihre Ausstellung „Neues Licht aus Pompeji“ systematisch die Wirkung von römischem Kunstlicht, auch mittels experimenteller Archäologie. © Neues Licht aus Pompeji. Foto: Johannes Eber



Die Antike im Blick: Ruth Bielfeldt im Museum für Abgüsse Klassischer Bildwerke. Die LMU-Archäologin untersucht, wie im Römischen Reich soziale und religiöse Macht mithilfe von Licht und Duft realisiert wurde. Foto: Florian Generotzky

Öllampen, Kandelaber, Lampenständer, figürliche Lampen- und Fackelhalter kamen in römischen Häusern nicht nur beim morgendlichen Hausritual zum Einsatz. Oft brannten Dutzende der Leuchten während verschiedener Feste und sozialer und religiöser Rituale, etwa bei abendlichen Festmahlen, bei denen die Eliten der Stadt oft ganz nebenbei ihre sozialen Verbindungen stärkten und ihre Geschäfte organisierten.

Diese abendlichen Gelage hatten immer auch eine religiöse Dimension. Beim Mahl spendete man den Göttern Wein, insbesondere dem Bacchus (griechisch: Dionysos), unter dessen Schutz die Fruchtbarkeit von Land und Mensch stand. Die Bewohner von Pompeji nutzten dafür meist ihre schönsten Räumlichkeiten. Im großen Gelageraum der Mysterienvilla etwa mit ihrem berühmten gemalten Fries ist noch heute die göttliche Aura des Dionysos zu spüren. Trunken lagert er im Schoß seiner Gefährtin, im Zentrum des Bildes. Früher glaubten Archäologen, dass es sich ob seiner mysteriösen Bilder um einen Geheimraum eines dionysischen Clubs gehandelt haben könnte, in dem man verborgen vor der Außenwelt im Schein der Lichter wilde Orgien und verbotene Rituale feierte. „Diese Vorstellung ist längst überholt“, sagt Bielfeldt.

Dennoch müssen die stillen Bilder des Frieses, die um weibliche Erotik und die Vorbereitung einer großen Hochzeit kreisen, beim abendlichen Fest besonders geheimnisvoll gewirkt haben. Das warme Licht der Lampen auf hohen Kandelabern, bis zu viermal heller als heutiges Kerzenlicht, intensivierte das tiefe Rot der Wände und modellierte Einzelfiguren heraus – etwa die von Eroten umgebene, sich frisierende junge Frau rechts des Eingangs, die mit ihrem intensiven Blick sofort die Aufmerksamkeit der eintretenden Betrachter und Betrachterinnen auf sich zieht.

Solche Treffen und Gelage fanden in den Vesuvstädten oder auch im antiken Rom nicht nur im privaten Rahmen in den prächtigen Villen der Mächtigen statt, sondern auch im öffentlichen Raum. In Pompeji etablierten sich im 1. Jahrhundert nach Christus zunehmend Versammlungsorte, an denen Menschen mit gemeinsamen Interessen zusammenkamen. Dazu gehörten auch verschiedene religiöse Gruppierungen, etwa die Anhänger der Isis. Die Mitglieder trafen sich abends häufig in einem prächtig ausgestatteten Heiligtum, das von der Straße aus nicht einsehbar war. „Der Isis-Tempel und sein Areal war ein Vereinsheim“, sagt Bielfeldt. Und jeder in diesem Verein hatte eine zugewiesene Rolle, vom einfachen Lampenanzünder bis zum Zeremonienmeister.

### Kahlkopf im Vereinsheim

Auch bei ihren Treffen wurde die Hierarchie der Gruppe mithilfe der Beleuchtung inszeniert. In den *Metamorphosen* des Schriftstellers Apuleius ist von einem Oberpriester, einer zentralen Figur des Isis-Kults, zu lesen, der eine „brennende, goldene Lampe in Form eines Schiffs präsentiert“, während „große Scharen beiderlei Geschlechts mit Laternen, Fackeln, Kerzen und sonstigem künstlichen Licht dem Kind der Himmelsgestirne huldigten“. In Pompeji selbst ist archäologisch eine Licht-Zeremonie belegt: Auf einem Fresko aus dem Heiligtum sieht man einen kahlgeschorenen Priester, der im weißen Gewand mit nacktem Oberkörper an eine Götterstatue herantritt. Dabei präsentiert er in beiden Händen ein Paar von Kandelabern mit kelchartigem Aufsatz, darin lodern Flammen. Vom Größenunterschied abgesehen, sind die gemalten Kandelaber den Lampen-

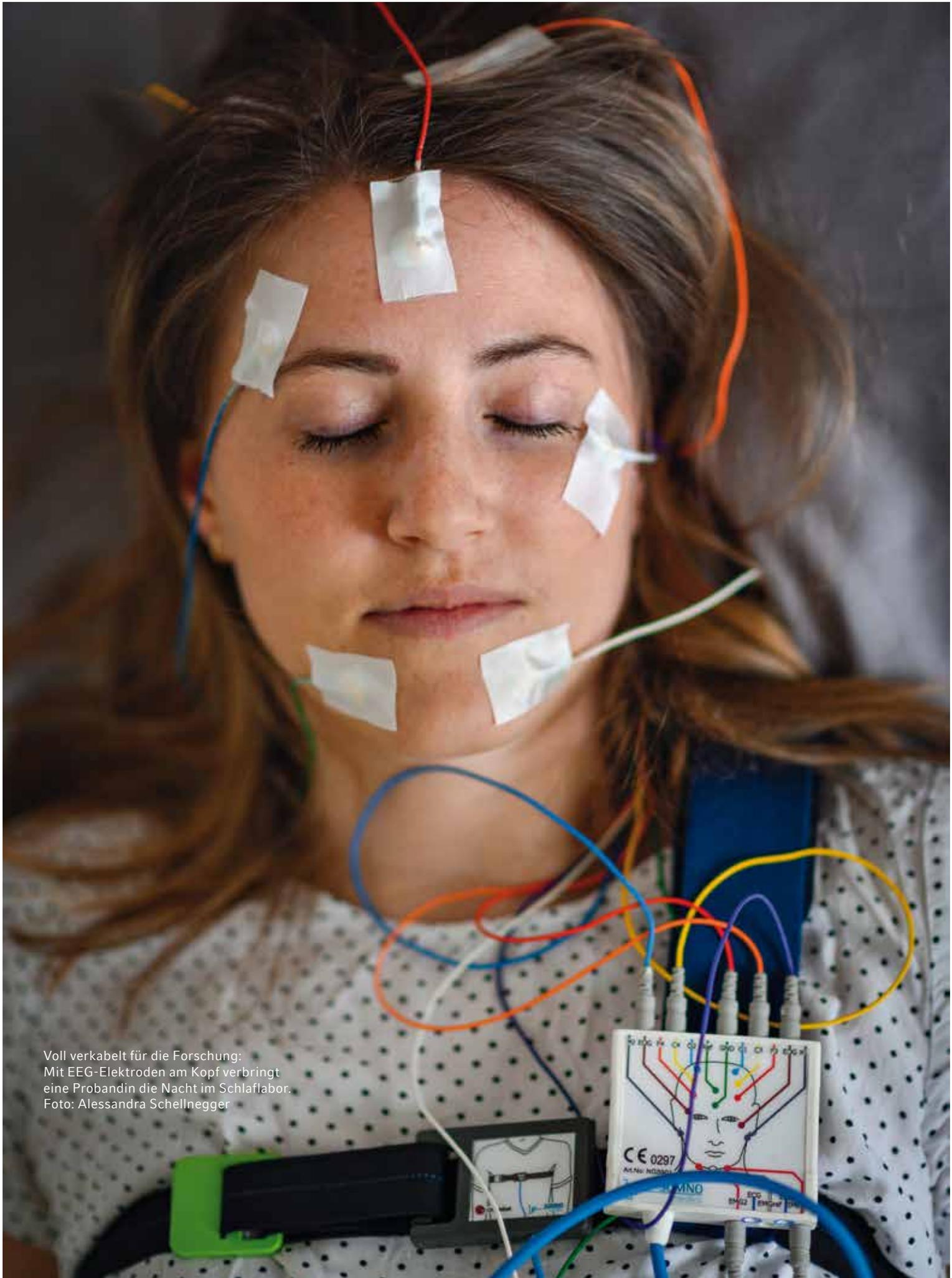
ständern, die dort entdeckt wurden, auffallend ähnlich.

Insgesamt fanden Archäologen bislang 59 Lampen im Heiligtum. Wie wichtig solche Versammlungsorte für die Gesellschaft damals waren, zeigt sich auch daran, dass der Isis-Tempel, der beim Erdbeben 62 n. Chr. schwer beschädigt worden war, schon vor 79 n. Chr. wieder komplett aufgebaut war. „Im Gegensatz zu vielen anderen Gebäuden Pompejis, die über Jahre hinweg Ruinen oder Bau ruinen blieben“, sagt Bielfeldt. „Die Reparatur des Isis-Tempels wurde im Namen eines sechsjährigen Jungen durchgeführt. Für die Gemeinde der Isis-Anhänger muss der Kult eine enorme Bedeutung gehabt haben.“

Verschiedene Vereine oder Kulte lagen im öffentlichen Raum durchaus im Wettstreit miteinander, die Anhänger der Magna Mater (Kybele) beispielsweise, die einen exotischen Initiationskult unterhielten, zogen häufig nachts durch die Stadt. Welche Kultgemeinschaften nächtliche Lichterprozessionen veranstalteten und wie sie genau abliefen, muss in Pompeji noch erforscht werden. Klar ist, dass Licht auch bei diesen Umzügen ein Kernelement war, das Gemeinschaften zusammenschweißte und religiöse Identität verlieh. „Bei den zuweilen ekstatischen Kultpraktiken ging es nicht mehr ganz so still zu wie bei der Familie vor dem Hausaltar, das war auf ganz andere Art intensiv und emotional.“

#### Prof. Dr. Ruth Bielfeldt

ist Professorin für Klassische Archäologie an der LMU und Co-Sprecherin des Münchner Zentrums für Antike Welten. Vor ihrem Wechsel an die LMU im Jahr 2016 unterrichtete Ruth Bielfeldt am Department of History of Art and Architecture der Harvard University und war 2018/19 Fellow des Wissenschaftskollegs zu Berlin.



Voll verkabelt für die Forschung:  
Mit EEG-Elektroden am Kopf verbringt  
eine Probandin die Nacht im Schlaflabor.  
Foto: Alessandra Schellnegger

# Schichtwechsel

Wenn das Licht aus ist und wir schlafen, läuft unser Immunsystem auf Hochtouren. Die LMU-Wissenschaftlerin Luciana Besedovsky will mit ihrer Forschung die Mechanismen dahinter aufklären.

Von Claudia Doyle

„Schlafen Sie gut?“ Das sind wir alle schon einmal gefragt worden, vielleicht auch von unserem Hausarzt oder unserer Hausärztin. Gesunder Schlaf ist offenbar wichtig – aber warum eigentlich? Die nächtliche Bettruhe ist viel mehr als ein bloßer Stand-by-Modus, in dem unser Körper darauf wartet, bis es wieder hell wird. „Schlaf hat einen sehr umfassenden Einfluss auf unsere Gesundheit und unser Immunsystem“, sagt Luciana Besedovsky. Wer ständig zu wenig schläft, hat ein höheres Risiko, einen Infekt zu bekommen. Schlaf ist sogar überlebensnotwendig, wie frühe Tierstudien aus den 80er-Jahren zeigen, in denen ein Zusammenbruch der körpereigenen Verteidigungsmechanismen nach mehreren schlaflosen Wochen gefunden wurde. Besedovsky erforscht solche Zusammenhänge zwischen Schlaf und dem Immunsystem bei Menschen und leitet seit 2021 die Arbeitsgruppe „Schlaf und Immunologie“ an der LMU.

Doch was passiert da genau im Körper, während wir schlafen? Diese Frage treibt Luciana Besedovsky an. „Man könnte vielleicht sagen: Unser Immunsystem lernt im Schlaf“, sagt die Wissenschaftlerin. Genau wie unser Gehirn Erlebnisse im Langzeitgedächtnis verankert, wenn wir schlafen, merkt sich auch das Immunsystem die Verteidigung gegen bisher unbekannte Krankheitserreger. Mehrere Studien konnten beispielsweise zeigen, dass sich erholsamer Schlaf nach einer Impfung positiv auf die entstehende Immunität auswirkt. Men-

schen, die in der Nacht nach einer Impfung schlafen durften, bildeten etwa doppelt so viele Antikörper wie diejenigen, die 24 Stunden lang wach bleiben mussten.

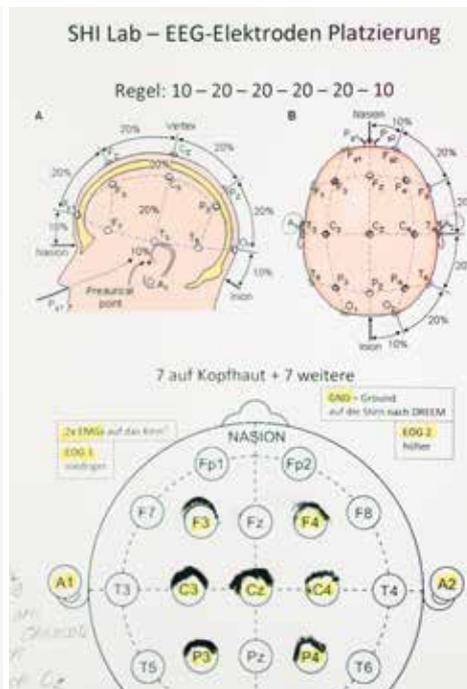
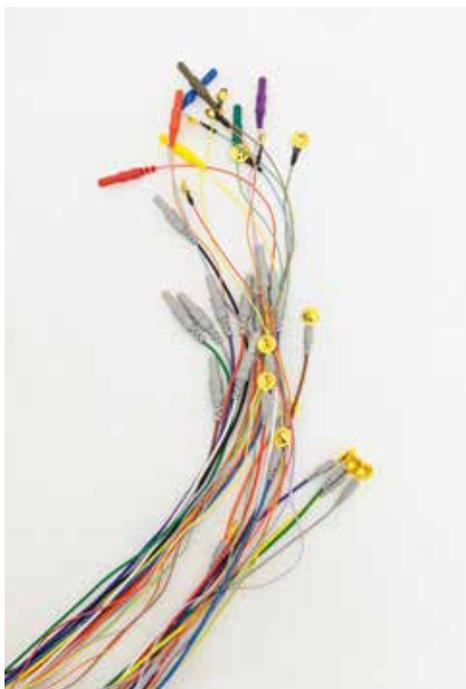
Eine große Rolle spielen hierbei die sogenannten T-Zellen. Sie bilden einen wesentlichen Teil des Gedächtnisses unseres Immunsystems. Wenn sie einmal mit einem Krankheitserreger in Kontakt gekommen sind, vermehren sich diejenigen T-Zellen, die genau diesen Erreger erkennen, und merken sich so dessen Aussehen. Bei der nächsten Infektion mit dem gleichen Keim können diese sogenannten Gedächtnis-T-Zellen schneller die Abwehr einleiten. Auf diesem Prinzip basieren auch Impfungen, bei denen den T-Zellen harmlose Teile eines Krankheitserregers präsentiert werden, was die Zellen aktiviert und zur Teilung anregt.

## Wohin wandern die T-Zellen, wenn wir schlafen?

Dieser Vorgang findet in den Lymphknoten statt. Doch dort halten sich die T-Zellen nicht ständig auf. Sie patrouillieren auch durchs Blut, um in verschiedene Gewebe zu gelangen und dort nach Eindringlingen zu suchen. Im Schlaf verlassen einige der Zellen den Blutkreislauf und wandern – so die Vermutung – in die Lymphknoten. Wenn wir jedoch nicht schlafen, stört das diese Wanderung und es verbleiben mehr T-Zellen im Blut.

Doch begeben sich die T-Zellen während des Schlafs wirklich in die Lymphknoten oder verschwinden sie irgendwo anders im Körper? Während ihrer Zeit als Gruppenleiterin in Tübingen ist Besedovsky dieser Frage nachgegangen. Dafür hat sie gute Schläfer ins Labor eingeladen, die ohne Probleme durchschlafen. An zwei Versuchstagen verbrachten die Teilnehmenden 24 Stunden überwacht im Schlaflabor. Alle vier Stunden stand eine Blutabnahme an. Um 23 Uhr durften die Teilnehmenden in der einen Sitzung schlafen gehen, in der anderen Sitzung mussten sie im Bett wach bleiben. Während der Nacht nahmen die Forschenden sogar jede Stunde Blut ab. Dank eines Katheters, der über einen Schlauch durch ein dünnes Loch in der Wand hindurch in ein Vorzimmer reichte, konnte Blut abgenommen werden, ohne dabei jemanden zu wecken.

Die Analysen der Immunzellen im Blut zeigten, dass sich die T-Zellen stärker in Richtung des Signalmoleküls CCL19 bewegten, wenn die Teilnehmenden nachts schlafen durften. Weil dieser Botenstoff vor allem in den Lymphknoten vorkommt, liegt die Vermutung nahe, dass die T-Zellen tatsächlich dorthin wandern. Vermittelt wird dies durch die beiden Hormone Prolaktin und Wachstumshormon. Diese hormonabhängige T-Zellwanderung konnte die LMU-Forscherin mit ihrem Team auch im Reagenzglas nachbauen. Blockierten die Forschenden Prolaktin und Wachstumshormon, schwächte dies die T-Zell-Migration ab.



Gute Nacht, genau überwacht: Um mehr über den Zusammenhang zwischen Schlaf und Immunsystem zu erfahren, analysiert Luciana Besedovsky die Hirnaktivität und das Blut der Versuchspersonen. Eine besondere „Schlafmütze“ kann helfen, damit beim EEG nichts verrutscht. Neben im Kontrollraum können Schlafphasen und Blutproben direkt untersucht werden. Fotos: Alessandra Schellnegger

## »Interessanterweise finden wir einfacher Versuchspersonen mit leichten Schlafproblemen als Menschen mit einem gänzlich gesunden Schlaf.«

Das zeigt einen Aspekt dessen, was während des Schlafs mit den Immunzellen im Körper passiert. Doch es kommt nicht nur darauf an, dass und wie viel wir schlafen, sondern auch, wann wir das tun. Im Idealfall leben wir im Einklang mit unserer inneren Uhr. Die Schlafforschung unterscheidet dabei zwischen Lerchen, die zeitiger wach und am frühen Abend müde werden, und Eulen, die morgens zwar länger schlafen, dafür aber auch bis in die Nacht hinein noch leistungsfähig sind.

Luciana Besedovsky selbst gehört zu den Eulen. „Ich hatte früher oft Schwierigkeiten einzuschlafen. Wenn andere bereits tief schliefen, war ich einfach noch nicht müde genug.“ Morgens, wenn der Wecker klingelte, fühlte sie sich unausgeschlafen. Dieser Chronotyp wird oft als tendenziell faul abgestempelt, ganz zu Unrecht. „Man ist nicht faul, nur weil man spät aufsteht. Die Körper der verschiedenen Chronotypen funktionieren einfach unterschiedlich.“ In der Gesellschaft sei das aber noch nicht angekommen, entsprechende Freiräume lässt der Alltag oftmals nicht.

„Wo immer es möglich ist, sollten Menschen gemäß ihrer inneren Uhr leben“, plädiert Besedovsky. In ihrer Arbeitsgruppe hat sie diesen Grundsatz bereits umgesetzt: Während die Frühaufsteher schon bei Tagesanbruch auf der Matte stehen, kommen die Eulen erst später und arbeiten dann bis in die Abendstunden. Das sei angenehmer und nach aktueller Forschungslage sehr wahrscheinlich auch gesünder. „Wir konnten kürzlich zeigen, dass Menschen mit einem späten Chronotyp häufiger eine Erkältung berichten als Menschen mit einem gemäßigten Chronotyp“, so Besedovsky. Ähnliche Ergebnisse fanden sie bei Menschen, die unter sogenanntem „Social Jetlag“ leiden, also an Arbeitstagen und arbeitsfreien Tagen zu unterschiedlichen Uhrzeiten schlafen, was besonders oft

bei späten Chronotypen vorkommt. Menschen mit Social Jetlag berichteten ebenfalls häufiger eine Erkältung als Menschen, die jeden Tag in etwa zur gleichen Uhrzeit ins Bett gehen. „Ob das aber wirklich am Schlafverhalten liegt oder vielleicht an anderen Faktoren, kann man mit solchen Assoziationsstudien nicht direkt beantworten. Das wollen wir mit unseren Laborstudien näher untersuchen.“

### Mobiles Schlaflabor für Experimente zu Hause

In der fremden Umgebung eines Schlaflabors kann es jedoch sein, dass der Schlaf anders ist als in der gewohnten Umgebung. Den Effekt kennt jeder, der in der ersten Nacht im Hotelzimmer nicht so gut zur Ruhe kommt wie zu Hause. Um die Aussagekraft von ihren Schlaf-Immun-Studien weiter zu verbessern, hat Besedovsky daher Schlaf-Messungen inklusive Blutentnahmen zu Hause etabliert: Ein Stirnband mit einem integrierten EEG misst die Schlafphasen. Ein kleiner Stich in die Fingerkuppe reicht für die Blutentnahme aus. So können Experimente jetzt auch in den heimischen Schlafzimmern stattfinden.

Bisher hat Besedovsky vor allem gute Schläfer untersucht, jetzt will sie sich erstmals auch Menschen mit leichten Schlafstörungen widmen. „Interessanterweise finden wir einfacher Versuchs-

personen mit leichten Schlafproblemen als Menschen mit einem gänzlich gesunden Schlaf“, berichtet sie. Die Zahl der von Schlafstörungen Betroffenen ist tatsächlich deutlich gestiegen, um ein Drittel allein in den vergangenen zehn Jahren, ergaben Daten der Krankenkassen für Deutschland. Der Alltag in der modernen Gesellschaft macht unsere Tagesrhythmen unregelmäßiger, führt zu Bewegungsmangel. Und das künstliche Licht von Glühbirne und Smartphone-Display lässt uns nicht leicht zur Ruhe kommen. Dasselbe gilt für den immer schneller fließenden Strom von Informationen, der unser Gehirn überfrachtet.

Guter Schlaf – er ist seltener geworden. Dabei ist er der Schlüssel zu unserer Gesundheit. Wessen innere Uhr nicht im Takt der Welt tickt, der kann versuchen, sie mithilfe von Tageslicht ein Stück weit besser mit der Umwelt zu synchronisieren. Heißt konkret: morgens raus ins Freie, abends Bildschirme aus. Und dann: Schlafen Sie gut!

**Prof. Dr. Luciana Besedovsky** ist seit 2021 Professorin an der LMU und leitet am Institut für Medizinische Psychologie das Labor für Schlaf und Immunologie. Ihre Arbeitsgruppe untersucht schwerpunktmäßig, wie sich Schlaf auf die Gesundheit und das Immunsystem von Menschen auswirkt. Besedovsky promovierte am Institut für Medizinische Psychologie und Verhaltensneurobiologie der Uni Tübingen, an das sie nach einem Forschungsaufenthalt an der Harvard Medical School als Gruppenleiterin zurückkehrte.

# Antworten auf den traurigen Smiley

Was hilft den Schulen aus der Misere? Ein Gespräch über den PISA-Schock, veraltete Strukturen, zeitgemäßere Unterrichtsmodelle – und Lehrkräfte, die etwas verändern wollen.

Moderation: Hubert Filser und Martin Thureau

Vor gut 20 Jahren haben Ergebnisse der PISA-Studien einen Schock in Deutschland ausgelöst. Im vergangenen Jahr sorgten sie neuerlich für Alarmstimmung. In Mathematik etwa, so der Befund, liegt der Leistungsstand der 15-Jährigen gegenüber dem vier Jahre zuvor um gut ein Jahr zurück. Und das ist nur das prominenteste Beispiel unter den Untersuchungen, die allesamt den deutschen Schulen ein nicht eben schmeichelhaftes Zeugnis ausstellen. Was klappt da nicht?

**Scharenberg:** Die Befunde der aktuellen PISA-Studie von 2022, die Ende letzten Jahres veröffentlicht wurden, sind nicht allzu überraschend. Schon in PISA 2018 zeigte sich ein Abwärtstrend, der sich bis heute fortsetzt.

**Wößmann:** Bei allen Untersuchungen wie IGLU, TIMSS oder PISA sieht man im längerfristigen Trend so etwas wie einen traurigen Smiley. Nach dem PISA-Schock im Jahr 2000 haben sich die Leistungen in Deutschland stetig deutlich verbessert – um bis zu 70 bis 90 Prozent eines Schuljahres. Seit 2011/12 kehrt sich dieser Trend um. Das sind nicht gerade Peanuts. Allein in den vergangenen vier Jahren betrug der Rückgang in Mathematik 25 PISA-Punkte. Damit sind wir unter dem Niveau von 2000.

Wie sollte die Gesellschaft darauf reagieren?

**Wößmann:** Eigentlich bräuchten wir jetzt einen neuen PISA-Schock, damit das deutsche Bildungssystem wieder aufholt. Es geht ja um die so wichtigen Basiskom-

petenzen Mathematik, Naturwissenschaften, Lesen und Textverständnis, auf denen alles andere aufsetzt. Und aus volkswirtschaftlicher Sicht bedeutet es einen immensen negativen Wohlstandseffekt. Wir haben das berechnet: Wäre der Rückgang an PISA-Punkten dauerhaft, ginge es um einen Verlust von 14 Billionen Euro am Bruttoinlandsprodukt. Eines kann man nicht oft genug betonen: Das, was die Menschen mitbringen, ist viel wichtiger als der Maschinenpark im Land. Die Bildungsleistungen der Bevölkerung sind der wichtigste Faktor, der langfristige volkswirtschaftliche Entwicklungsprozesse erklären kann.

## Noch im technologischen Kontext des Industriezeitalters

**Hauck-Thum:** Wirtschaftliche, technische und rechtliche Aspekte in den Blick zu nehmen, ist das eine. Aber man darf auch die gesellschaftlichen und kulturellen Veränderungen nicht vergessen, die gerade in den letzten 20 Jahren mit einer fortschreitenden Digitalisierung vonstatten gegangen sind. Das geht weit über Fragen der Ausstattung hinaus, wir brauchen veränderte Lehr- und Lernprozesse, wir brauchen eine neue Lernkultur, die es Kindern mit sehr unterschiedlichen Lernausgangslagen ermöglicht, die Kompetenzen zu erwerben, die sie benötigen, um mit dieser neuen Komplexität umzugehen. Die Heterogenität wächst, die Angebote aber sind nicht angepasst an die

veränderten medial-kommunikativen Praktiken von Kindern, an ihre Vorerfahrungen. Man versucht, den technologischen Kontext und die Strukturen des Industriezeitalters beizubehalten, wie wir sie seit 100 Jahren kennen.

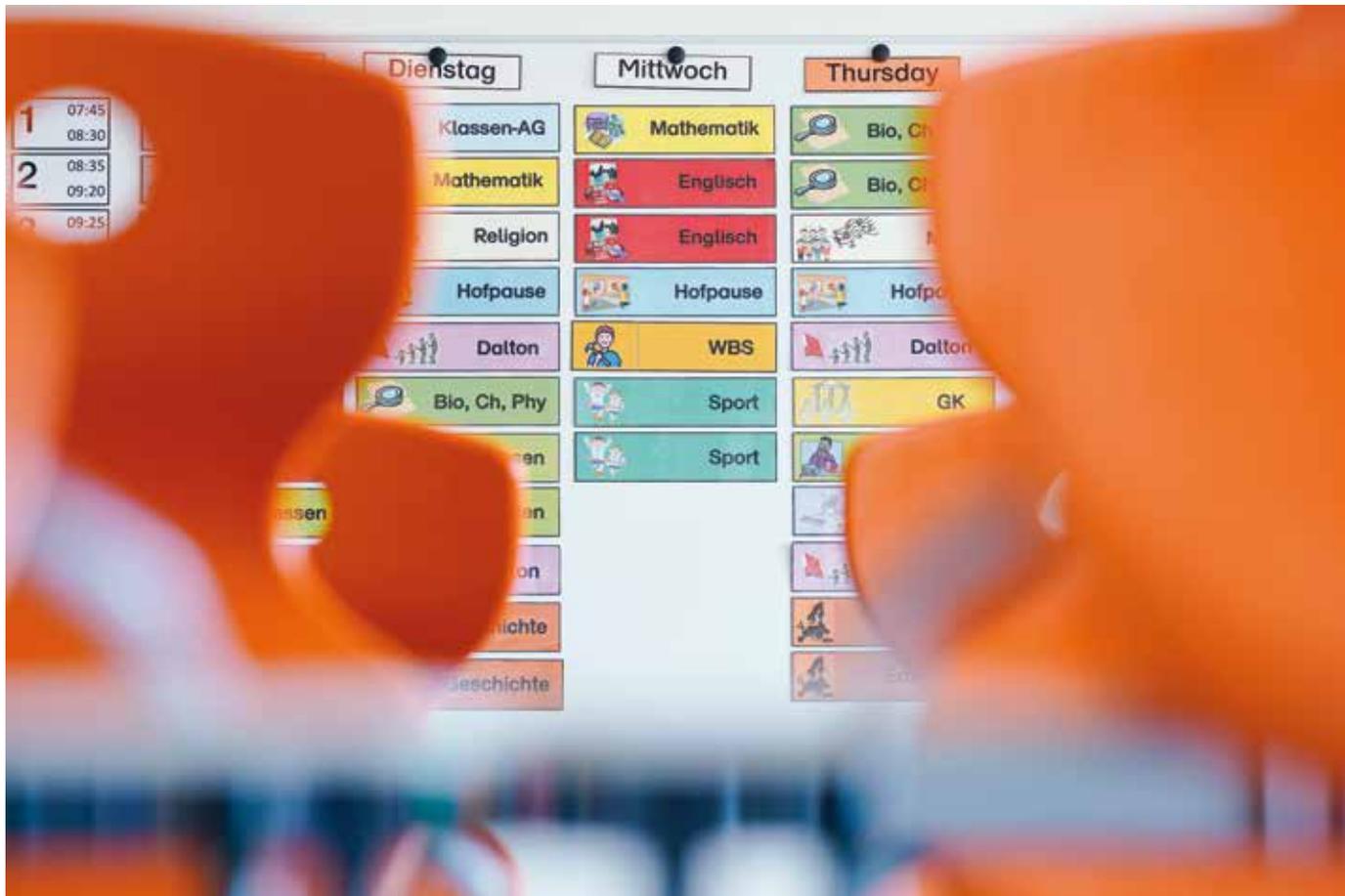
Es bräuchte einen neuen PISA-Schock, sagen Sie. Was soll der bewirken?

**Wößmann:** Ich habe das Gefühl, dass nach kurzer Empörung wieder die Phase der Sonntagsreden einsetzt. Das Thema hat in Politik und Gesellschaft nicht die hohe Priorität, die es verdient. Das war beim PISA-Schock anders, da haben sich viele aufgemacht, das Kerngeschäft der Schulen, Basiskompetenzen zu vermitteln, nicht weiter zu vernachlässigen. Das sehe ich jetzt nicht. Der Politik ist es offenbar wichtiger, dass es keine schlechte Stimmung gibt, als dass die Kinder wirklich auf ihr Leben vorbereitet werden. Ich stimme mit Ihnen überein, dass die Art, wie wir Schule machen, vielfach nicht mehr in die Zeit passt, aber bei den Basiskompetenzen sollten wir nichts abknapsen.

**Hauck-Thum:** Das will ja auch niemand. Es geht nicht darum, beispielsweise die Bedeutung der Lesekompetenz im Umgang mit analogen Texten zu schmälern, sondern Lesekompetenz auf multimodale Texte hin zu erweitern und dafür die Lehr- und Lernsettings entsprechend weiterzuentwickeln.

Ein Beispiel?

**Hauck-Thum:** Wir haben gerade eine Studie zur digitalen Chancengerechtigkeit ausgewertet. Sie hat gezeigt, dass Lesemotivation von der Passung abhängt. Zum



Zeit für neue Konzepte: Klassenraum einer Modellschule in Heidelberg. Foto: Uwe Anspach / Picture Alliance / dpa

Beispiel bekamen sehr schwach lesende Mädchen am ehesten über die Auseinandersetzung mit analogen Gegenständen wie Handpuppen einen Zugang zum Text. Sie haben damit Szenen nachgespielt und konnten dadurch auch zum Lesen motiviert werden. Mittelgut lesende Jungs dagegen konnte man in diesem analogen Setting weniger zum Lesen motivieren, sondern eher mit der Aufgabe, die Hauptfigur zu interviewen und ein Video am Tablet zu drehen. Wir pflegen an unseren Kooperationsschulen zudem eine Webseite mit Buchempfehlungen von Kindern für Kinder ([www.le-o-mat.de](http://www.le-o-mat.de)). Sie können durch das Gestalten der Seite aktiv an der digitalen Welt teilnehmen und verbesser

gleichzeitig ihre Basiskompetenzen im Umgang mit den Büchern. Die Bereiche werden häufig gegeneinander ausgespielt, müssen jedoch gleichermaßen gefördert werden. Die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler hat sich geändert, die Heterogenität unter den Kindern wächst beständig. Daran gilt es anzuknüpfen.

**Scharenberg:** Heterogen war die Schülerschaft schon immer, zum Beispiel mit Blick auf die unterschiedlichen Lernausgangslagen und das Vorwissen der Kinder. Aber es hat sich auch einiges verändert. Die Aufgabe der Integration stellt sich noch einmal anders mit Kindern mit Fluchterfahrungen aus Syrien oder der

Ukraine. Zu der kulturellen kommt die soziale Heterogenität. Zudem hat sich das Schulsystem in den letzten 15 Jahren verändert. Stichwort Inklusion: Auf einmal lernen Kinder und Jugendliche mit und ohne sonderpädagogischen Förderbedarf gemeinsam in inklusiven Settings in den Regelschulen, während sie vorher überwiegend separiert wurden. Andererseits gibt es nach wie vor Förderschulen, was wiederum zu neuen Ungleichheiten führt. Diese Herausforderungen setzen sich letztendlich von der gegliederten Schulstruktur auf der Ebene des Schulsystems bis hin in die einzelne Klasse fort. Am Ende kommt es darauf an, wie die Lehrkraft damit umgeht. Und Lehrkräfte

haben nicht nur die Aufgabe der reinen Wissensvermittlung, sondern müssen die Schülerinnen und Schüler auch auf neue gesellschaftliche Herausforderungen vorbereiten, wie zum Beispiel den persönlichen Umgang mit und die Akzeptanz von Vielfalt oder Themen wie Klimawandel und nachhaltige Entwicklung.

**Wößmann:** Da stimme ich Ihnen zu. Aber ich frage mich manchmal, ob das so grundlegend anders ist als vor 20 oder 50 Jahren. Da hatten wir auch Umbruchsituationen. Womöglich sind die Umwälzungen heute grundlegender, deutlich schneller und haben mit den neuen Medien eine andere Dimension.

**Hauck-Thum:** Man muss sich auch überlegen, was Leistung heute eigentlich bedeutet. Es ist unbestritten, dass wir eine leistungsfähige Gesellschaft brauchen. Aber die Frage ist doch, worauf konditionieren wir hier Kinder? Auf sechs Notenstufen? Was bedeutet eine Drei in einer Probe überhaupt? Das ist doch eine komische Art der Rückmeldung. Am Ende der vierten Klasse müssen Kinder Proben über Proben schreiben. Natürlich macht das etwas mit dem Unterricht. Prüfungskultur bedingt Lernkultur und umgekehrt. Alle Kinder erhalten an den Schulen vielfältige Lerngelegenheiten. Allerdings ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Kinder diese Gelegenheiten für ihren Bildungserfolg auch nutzen, sehr, sehr unterschiedlich, abhängig von ihren indivi-

duellen Sozialisationserfahrungen und häuslichen Unterstützungsstrukturen.

Wie könnten Kinder denn gezielter gefördert werden?

**Wößmann:** Wir müssen hier vor allem auch an die frühkindliche Förderung denken. Gerade für Kinder aus bildungsfernen Schichten wäre sie besonders wichtig. Wie viel man damit erreichen kann, das belegt gute Forschung zuhauf. Und wenn man diesen Eltern nur dabei hilft, einen Kita-Platz für ihre kleinen Kinder zu bekommen.

Wie lässt sich die Sprachförderung besser aufsetzen?

**Wößmann:** In Hamburg etwa muss jedes Kind mit viereinhalb einen Sprachtest machen, egal ob es in der Kita ist oder nicht. Die Kinder, die den Test nicht schaffen, werden vorschulpflichtig und müssen Sprachkurse machen, damit sie vorbereitet sind, wenn sie mit sechs eingeschult werden. Wie sinnvoll das ist, sieht man schon daran, dass Hamburg das einzige Land ist, das sich in den letzten zehn Jahren erfolgreich gegen den Negativtrend gestemmt hat.

**Hauck-Thum:** Die Testung ist auch in Bayern im Gespräch, aber nur die Testung. Was dann mit den Ergebnissen passiert, ist noch völlig offen. Das Testen macht aber kein Kind schlauer, da braucht man dann auch kompetente Leute, die die



Kinder bereits in der Kita fördern. Wer macht das? Die Grundschullehrkräfte? Die fehlen ohnehin schon.

Das System produziere viele Bildungsvorlierer, lautet eine weitere Kritik.

**Wößmann:** Ja, aber man kann oder könnte eine Menge machen. Ein Beispiel: Wir haben ein großes Forschungsprojekt zu einem deutschlandweiten Mentoring-Programm in Schulen in benachteiligten Vierteln gemacht, bei dem Studierende

»Wir haben in der Gesellschaft eine feste Vorstellung von Schule und Unterricht. Jeder hat Schule in einer bestimmten Form erlebt. Mit diesem Filter ist es sehr schwierig, Prozesse des Lehrens, Lernens und Prüfens zu verändern.«

Uta Hauck-Thum



„Es gibt ja schon viele tolle Ansätze im Kleinen, oft schon seit Jahrzehnten“: Katja Scharenberg, Uta Hauck-Thum und Ludger Wößmann (von links) im Gespräch darüber, was Schulen für die Zukunft brauchen. Fotos: Stephan Höck

ehrenamtlich benachteiligten Jugendlichen zur Seite gestanden haben. Die Jugendlichen sind 14, 15, da haben sie keinen Bock mehr auf Schule. In dem Mentoring-Programm treffen sich die Studierenden mit den Schülerinnen und Schülern alle zwei Wochen, 1:1, da wird eine persönliche Beziehung aufgebaut. Es geht darum, den Übergang auf den Arbeitsmarkt oder auf eine weiterführende Schule zu erleichtern. Und wir sehen: Bei den wirklich Benachteiligten, die aus den Brennpunktbereichen kommen, hat das riesige Effekte. Ein Jahr später sind sie in der Schule besser, ihre sozialen Kompetenzen sind größer, und sie haben mehr über Zukunft nachgedacht. Drei Jahre nach dem Mentoring hatten doppelt so viele von ihnen wie in der Kontrollgruppe eine Ausbildung angefangen.

Welchen Freiraum haben denn Lehrkräfte heute? Wo können sie tatsächlich ansetzen?

**Hauck-Thum:** Ich begleite derzeit 22 Grundschulen im Rahmen des Schulent-

wicklungsprojekts CoTransform Freising. Dort versuchen wir, übergreifende Kooperationen aller Akteurinnen und Akteure zu unterstützen. Das bedeutet: Jeweils bis zu fünf Schulen schließen sich zu einer Schulfamilie zusammen.

### Das Modell einer funktionierenden Schulfamilie

Wer gehört zu dieser Schulfamilie?

**Hauck-Thum:** Schulleiterinnen, Lehrkräfte, Kinder, Eltern, aber auch Schulträger und Schulaufsicht sind in diese Gemeinschaften mit einbezogen. Regelmäßige Austauschtreffen sollen dazu beitragen, dass die Akteurinnen und Akteure die unterschiedlichen Bedarfe der Ebenen kennenlernen und verstehen. Das ist wichtig. Denn wenn der Schulträger zum Beispiel nicht weiß, wie in der Klasse gearbeitet wird, kauft er Whiteboards und

irgendwelche Standrechner, die dort im Unterricht keine Rolle spielen. Wir versuchen hier auch Schritt für Schritt, neue Formate des Prüfens zu etablieren. Dafür brauchen wir die Unterstützung der Schulaufsicht. Zudem haben wir gemeinsam mit den Lehrkräften ein Lesekonzept entwickelt, das auch Lernstandsmonitoring ([levumi.de](http://levumi.de)) umfasst. Zudem fokussieren wir auf den Bereich des demokratischen Lernens, um Kindern frühzeitig Partizipation und Teilhabe zu ermöglichen – auch durch die Auswahl von Themen und bevorzugter Medien. Die Lehrkräfte bieten beispielsweise in einem festen Unterrichtsslot Projekte an, aus denen die Kinder auswählen können – klassen- und jahrgangsübergreifend.

**Wößmann:** Die große Frage ist, wie lange es braucht, um erwiesenermaßen erfolgreiche Ansätze in die Fläche zu bringen. Es gibt ja schon viele tolle Ansätze im Kleinen, oft schon seit Jahrzehnten. Aber all das hängt immer am Engagement einzelner Akteure im Kollegium und der



Was macht ein gutes Digitalkonzept aus? Das soll ein Pilotprojekt zeigen. Unterricht in einer siebten Gymnasialklasse. Foto: Matthias Balk / pa / dpa

Schulleitung. Ob das wirklich in die Fläche kommt, ist am Ende eine politische Frage oder zumindest eine Frage der Steuerung. Da können Lernstandserhebungen helfen. Wo stehen wir jeweils, mit welchen Konzepten kommen wir voran? Und wenn das Ziel einigermaßen klar ist und wir auch eine gewisse Transparenz haben, wie gut wir das erreichen, können wir den Schulen viel mehr Autonomie geben.

Lehrerinnen und Lehrer sollen sich um die Inklusion kümmern, um die Digitalisierung, sie sollen mit sozialer Spreizung und ihrer heterogenen Klientel umgehen. Können sie überhaupt all diese Heraus-

forderungen bewältigen? Oder bräuchte es viel mehr Sozialarbeiter und Psychologinnen an den Schulen?

**Scharenberg:** Zuallererst bräuchte es eine größere gesellschaftliche Anerkennung des Lehrkräfteberufs. Natürlich brauchen Lehrkräfte außerdem Kompetenzen zur Diagnostik und Förderung unterschiedlichster Schülergruppen, die sich ja auch sehr verändert haben. Und genau das ist unsere Aufgabe in der Lehrkräftebildung und eine Chance, angehende Lehrkräfte auf den Umgang mit Heterogenität intensiv vorzubereiten. Ich denke dabei nicht nur an leistungsbezogene Zielkriterien von Schule und Unterricht, sondern es geht auch darum, soziale Kompetenzen von

Schülerinnen und Schülern und den Zusammenhalt in Schulklassen zu fördern.

Um mit solchen Herausforderungen umzugehen, soll es jetzt das Startchancen-Programm geben. Was kann das bewirken?

**Wößmann:** Das Programm wird nicht der Gamechanger sein. Aber der Ansatz ist absolut richtig. Das ist zum ersten Mal ein Programm, mit dem man gezielt auf die wirklich benachteiligten Schulen zugehen und sie finanziell fördern will. Das fehlte in Deutschland bislang weitgehend. Schaut man sich allerdings den ganzen politischen Prozess an, fürchte ich, dass das Programm in den meisten Bereichen nur ein Tropfen auf den heißen Stein sein wird. Offen gestanden ärgert es mich, dass es in den Auseinandersetzungen zwischen Bund und Ländern vor allem um Verteilungsfragen geht und weniger darum, wie wir den Kindern und Jugendlichen am besten helfen.

Wie ließe sich das besser machen?

**Wößmann:** Dafür müsste man zunächst klar definieren, was eine ‚herausfordern-

»Zuallererst bräuchte es eine größere gesellschaftliche Anerkennung des Lehrkräfteberufs.«

Katja Scharenberg

# »Ob gute Ansätze in die Fläche kommen, ist am Ende eine politische Frage oder zumindest eine Frage der Steuerung.«

Ludger Wößmann

de Lage' bestimmt, das entscheidende Förderkriterium für die Schulen. Das könnte man eigentlich relativ leicht zielgenau hinbekommen. Aber leider ist der Verteilungsprozess reichlich bürokratisch. Wir kennen das vom Digitalpakt. Man muss von den Kindern und Jugendlichen aus denken. Was bringt denen das?

**Hauck-Thum:** Aber beim Digitalpakt lag es nicht nur an der Bürokratie, sondern schon auch daran, dass es manchen Schulen schwerfiel, Medienkonzepte zu entwickeln, weil sie sich vorher weniger damit auseinandergesetzt hatten. Das Geld aus dem Startchancen-Programm wird jetzt sicher kommen. Pro Startchancenschule wird es im Jahr bis zu 250.000 Euro ausmachen. Aber jetzt ist die Frage, was passiert mit dem Geld? Man kann es für ganz unterschiedliche Dinge nehmen. Man kann Toiletten umbauen, was sicherlich nicht unwichtig ist, damit Kinder sich wohlfühlen. Aber Schulen sollten auch, unterstützt von der Wissenschaft, überlegen, welche Konzepte sinnvoll sind, um die Chancen aller Kinder auf Bildungserfolg zu erhöhen. Partner von außen sollten fest in multiprofessionelle Teams eingebunden werden. Unser Konzept mit den Schulfamilien zielt genau darauf ab.

Dass Veränderungen wie beim Digitalpakt immer so lange brauchen, der Eindruck ist ja nicht neu.

**Wößmann:** Ein genuines Interesse daran, alles beim Alten zu lassen, würde ich mal nicht unterstellen. Aber jede Veränderung, die nicht alle aus vollem Herzen wollen, ist anstrengend. Und wenn dann noch verschiedene Leute Verschiedenes wollen, treten wir sehr schnell auf der Stelle.

**Hauck-Thum:** Wir haben in der Gesellschaft eine feste Vorstellung von Schule und Unterricht. Jeder hat Schule in einer bestimmten Form erlebt. Mit diesem Filter ist es sehr schwierig, Prozesse des Lehrens, Lernens und Prüfens zu verändern. Auch angehende Lehrkräfte erleben im Studium vor allem im Rahmen der Praktika oft wenig Neues. Nur aus der Theorie abgeleitete Strukturen umzusetzen, ist für viele nach wie vor schwierig.

Wie wollen Sie für den Beruf werben?

**Hauck-Thum:** Ja, wie bringen wir Studierende dazu, zu Lehrkräften zu werden, die sich zutrauen, das Schulsystem zu verändern? Wir versuchen, den Studierenden bereits an der Universität vielfältige

inspirierende Seminare anzubieten, damit sie konkrete Erfahrungen mit neuen Lehr- und Lernsettings machen können. Darüber hinaus bedarf es dringend der administrativen Unterstützung an den Schulen. Wichtig wäre beispielsweise, die Stundenzahl von Lehrkräften zu senken, anstatt sie zu heben, feste Kooperationsstunden einzuplanen, multiprofessionelle Teams stärker in den Blick zu nehmen, aktorsübergreifende Austauschprozesse anzustoßen und Kooperationen mit außerschulischen Lernorten dauerhaft zu implementieren. Dadurch könnten sich die Arbeit als solche und auch das Bild einer Lehrkraft in der Gesellschaft verändern. In Folge kämen noch mehr junge Menschen in den Beruf, die kreativ sind und gemeinsam neue Wege gehen wollen. Nur mit offenen, transformationsbereiten, agilen, motivierten jungen Leuten lässt sich unser Bildungssystem neu gestalten. Mit Menschen, die nicht länger reproduzieren, was sie selbst als Schülerinnen und Schüler erlebt haben.

## Prof. Dr. Uta Hauck-Thum

ist Professorin am Lehrstuhl für Grundschulpädagogik und -didaktik der LMU. An der Universität Augsburg studierte sie das Lehramt an Grundschulen und war nach den Staatsexamina acht Jahre als Grund- und Mittelschullehrerin in München tätig. Uta Hauck-Thum war Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Didaktik der deutschen Sprache und Literatur der LMU, an dem sie nach der Promotion auch als Akademische Rätin arbeitete. Nach einem Ruf an die Pädagogische Hochschule Salzburg wurde sie 2018 an die LMU berufen.

## Prof. Dr. Katja Scharenberg

ist Inhaberin des Lehrstuhls für Allgemeine Pädagogik, Erziehungs- und Sozialisationsforschung an der LMU. Sie studierte Soziologie an der Universität zu Köln und am University College London. Sie wurde in Erziehungswissenschaft an der TU Dortmund promoviert, wo sie sich auch habilitierte. Sie arbeitete als Senior Researcher an den Universitäten Basel und Bern sowie als Tenure-Track-Professorin für Inklusion und Heterogenität an der Pädagogischen Hochschule Freiburg. Dort hatte sie zuletzt die Professur für Bildungssoziologie inne, bevor sie 2023 an die LMU berufen wurde.

## Prof. Dr. Ludger Wößmann

ist Inhaber des Lehrstuhls für Volkswirtschaftslehre, insb. Bildungsökonomik an der LMU und Leiter des ifo Zentrums für Bildungsökonomik am ifo Institut München. Wößmann studierte Volkswirtschaft an der Universität Marburg, der University of Kent at Canterbury, UK, und im Advanced Studies Program des Instituts für Weltwirtschaft an der Universität Kiel. Wößmann wurde an der Universität Kiel promoviert und habilitierte sich an der Technischen Universität München. Er ist zudem Distinguished Visiting Fellow an der Hoover Institution, Stanford University, USA.

# Regeln für eine bessere Welt

Mit Erneuerung zurück zum Ursprung: Die LMU-Historikerin Julia Burkhardt erforscht Gemeinschaftsentwürfe und Weltdeutungen in spätmittelalterlichen Klöstern.

Von Maximilian Burkhart

Alte Gewissheiten schwinden, das Neue ist noch diffus im ausgehenden 14. und beginnenden 15. Jahrhundert – und das Leben in vielen Klöstern hat sich weit, sehr weit von den ursprünglichen mönchischen Idealen entfernt. In dieser Zeit des Umbruchs und der Herausforderungen wird der Benediktinermönch Johannes Dederoth 1433 zum Abt im niedersächsischen Kloster Bursfelde gewählt. Sein Programm: Erneuerung. Sein Ziel: Rückkehr zu den Ursprüngen.

„Monos“ waren die ersten Mönche im 3. und 4. nachchristlichen Jahrhundert – „allein“, Eremiten in der ägyptischen und syrischen Wüste, die asketisch und weltabgewandt ihr Leben in Kontemplation ausschließlich Gott gewidmet hatten. Doch vielfach verschwammen die strengen Klosterregeln, wie sie später Benedikt von Nursia formuliert hatte, sodass schon im Hochmittelalter Reformbewegungen wie die Cluniazenser solchen „ur“-mönchischen Idealen nachstrebten.

„Bei vielen klösterlichen Reformbewegungen im Mittelalter ging es nicht darum, neu zu sein, sondern im Gegenteil ‚ursprünglicher‘ und das heißt näher an den Vorbildern der Bibel oder der jeweiligen Kloster- beziehungsweise Ordensregel“, sagt Julia Burkhardt, Lehrstuhlinhaberin für Mittelalterliche Geschichte an der LMU. Die Mediävistin interessiert sich besonders für innovative Formen der Gemeinschaftsbildung und Weltdeutung in mittelalterlichen Klöstern.

Kern der Reformen Dederoths und seiner Unterstützer war die „Neugestaltung des Klosterlebens“. Ein Ansatz, der offenbar den Nerv der Zeit traf, denn binnen weniger Jahre schlossen sich um das Kloster Bursfelde zahlreiche Klöster mit denselben Zielen zu einer Kongregation zusammen. Dabei, so Burkhardt, „ging es inhaltlich zunächst darum, die Benediktineregeln möglichst wortgetreu zu beachten und umzusetzen. Kernaufgabe des klösterlichen Lebens war der Gottesdienst, dessen Ablauf seit Mitte des 15. Jahrhunderts in genauen Vorschriften geregelt war.“ Der eigentliche Gottesdienst wird in der Folge von Dederoths Reformen verkürzt, „um die individuelle Hingabe, die devotio, zu steigern“. Ein entscheidendes Element dabei ist die tägliche Meditation. Die Mönche sollten die „Befähigung zur Introspektion“ erlangen und eine „innere Wachsamkeit“ entwickeln, sagt Burkhardt. Denn die Rückkehr zu alter Regeltreue ist durch Überwachen und Strafen allein nicht zu bewerkstelligen.

## Kontinuierliche Bereitschaft zu innerer Wachsamkeit

Ziel religiöser Gemeinschaften im Mittelalter ist, in der Gemeinschaft ein Leben zu Gott zu finden. Das Leben im Kloster fordert von den Mönchen und Nonnen zweierlei: sich einfügen, also den Regeln unterwerfen, und sich zugleich aktiv am Gemeinschaftsleben beteiligen, es also gestalten. Dazu gehörte die Befolgung

von Regeln, die den Alltag strukturieren, etwa die Bestimmungen für die gemeinsamen Mahlzeiten, für Ruhe- und Arbeitszeiten und die Erlaubnis, das Kloster zu verlassen. Es gelten Kleidervorschriften, Blickverbote und Schweigegebote. Wichtig sind lebenspraktische Themen wie die Frage, ob die Mönche auf Strohsäcken oder Federbetten schlafen dürfen. Wichtig sind auch gemeinschaftliche Rituale wie die Kapitelsitzungen – eine Art regelmäßiger „Meetings“, bei denen überprüft wird, ob sich die Mönche und Nonnen auch an die Regeln halten.

Doch wie lässt sich die Einhaltung der Regeln wirksam kontrollieren? Genau dazu arbeiten Julia Burkhardt und ihre Kollegin, die Frühneuzeithistorikerin Iryna Klymenko, mit ihrem Team am Forschungsprojekt zu Vigilanz in den Klöstern der Bursfelder Kongregation im Rahmen des Sonderforschungsbereiches (SFB) 1369 „Vigilanzkulturen. Transformationen – Räume – Techniken“.

Um gemeinschaftliche Standards durchzusetzen, baute die Bursfelder Kongregation einerseits auf die individuelle Wachsamkeit der einzelnen Mönche und Nonnen und andererseits auf institutionelle Kontrolle. Diese Kontrolle erfolgt auf mehreren Ebenen: intern durch verschiedene Stufen der Klosterhierarchie und vor allem durch sogenannte „Observatoren“, die „im Kloster umhergehen und Nachlässigkeiten sowie Sünden beobachten sollten“, so Burkhardt, und extern durch die gemeinsamen Treffen im Rahmen des Generalkapitels. Regelmä-



„Klöster können als Labore der Innovation betrachtet werden“, sagt Historikerin Julia Burkhardt. Foto: Florian Generotzky

ßig „visitierten“ Äbte zudem ihre Nachbarklöster, um in Einzel- und Gruppengesprächen die Einhaltung der Regeln zu überwachen.

Entscheidend aber war die Einstellung der Mönche und Nonnen selbst. Neudeutsch würde man das als Achtsamkeit bezeichnen. Es gehe um eine „fürsorgliche Verantwortung für das eigene (seelische und körperliche) Wohl“, kombiniert mit einer „kontinuierlichen Bereitschaft zu innerer Wachsamkeit“, schreiben Burkhardt und Klymenko. „Zentrale Bedeutung kam in diesem Zusammenhang der Beichte zu, die sowohl der Selbstdisziplinierung als auch der Normenkontrolle gegenüber anderen diene.“

### Ein erfolgreiches Konzept für mehr als 90 Klöster

Um zu den Wurzeln benediktinischen Lebens zurückzukehren, entwickelten die Klöster der Bursfelder Kongregation ein erstaunlich modern anmutendes Konstrukt aus institutioneller Überwachung, gegenseitigen Checks and Balances der in der Kongregation verbundenen Klöster und Achtsamkeit gegenüber dem eigenen Ich. Eine tiefgreifende Reform, die erstaunlich schnell und umfassend Erfolg hatte. Bereits zu Beginn des 16. Jahrhunderts gehörten über 90 Klöster zur Bursfelder Kongregation.

Zurück zu den – mönchischen – Wurzeln, das mag sich reaktionär, rückwärtsgerichtet anhören, ist es aber nicht, im Gegenteil: „Klöster können als Labore für Innovation betrachtet werden“, erklärt Julia Burkhardt. Sie waren nicht nur geistliche, sondern auch intellektuelle Zentren der Zeit, betont Burkhardt und räumt gleich mit dem Vorurteil über das

## »Bei vielen klösterlichen Reformbewegungen ging es nicht darum, neu zu sein, sondern im Gegenteil ‚ursprünglicher‘.«

Mittelalter als bleierne und statische Epoche auf: „Die Zeit, die wir als Mittelalter bezeichnen, war eine hochdynamische Zeit, die einen großen geographischen Raum, einen langen Zeitraum und vielfältige gesellschaftliche Entwicklungen umfasste. Sie war natürlich keine abgeschlossene Einheit. Wir können sie nicht einfach als eine Vorstufe zur Moderne betrachten.“

Innovationen aber, die eine ganze Reihe von sozialen, wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Entwicklungen betreffen, setzen sich nicht einfach von selbst durch. „Sie verlaufen nicht als ein linearer Prozess von null nach eins, sondern durchlaufen mehrere Stufen, was Zeit braucht“, betont Julia Burkhardt. „Das erlaubt auch, ihr Scheitern mitzudenken.“ Am Anfang steht vielleicht eine Neuerung oder auch eine Erfindung. Sie muss aber umgesetzt und verbreitet werden.

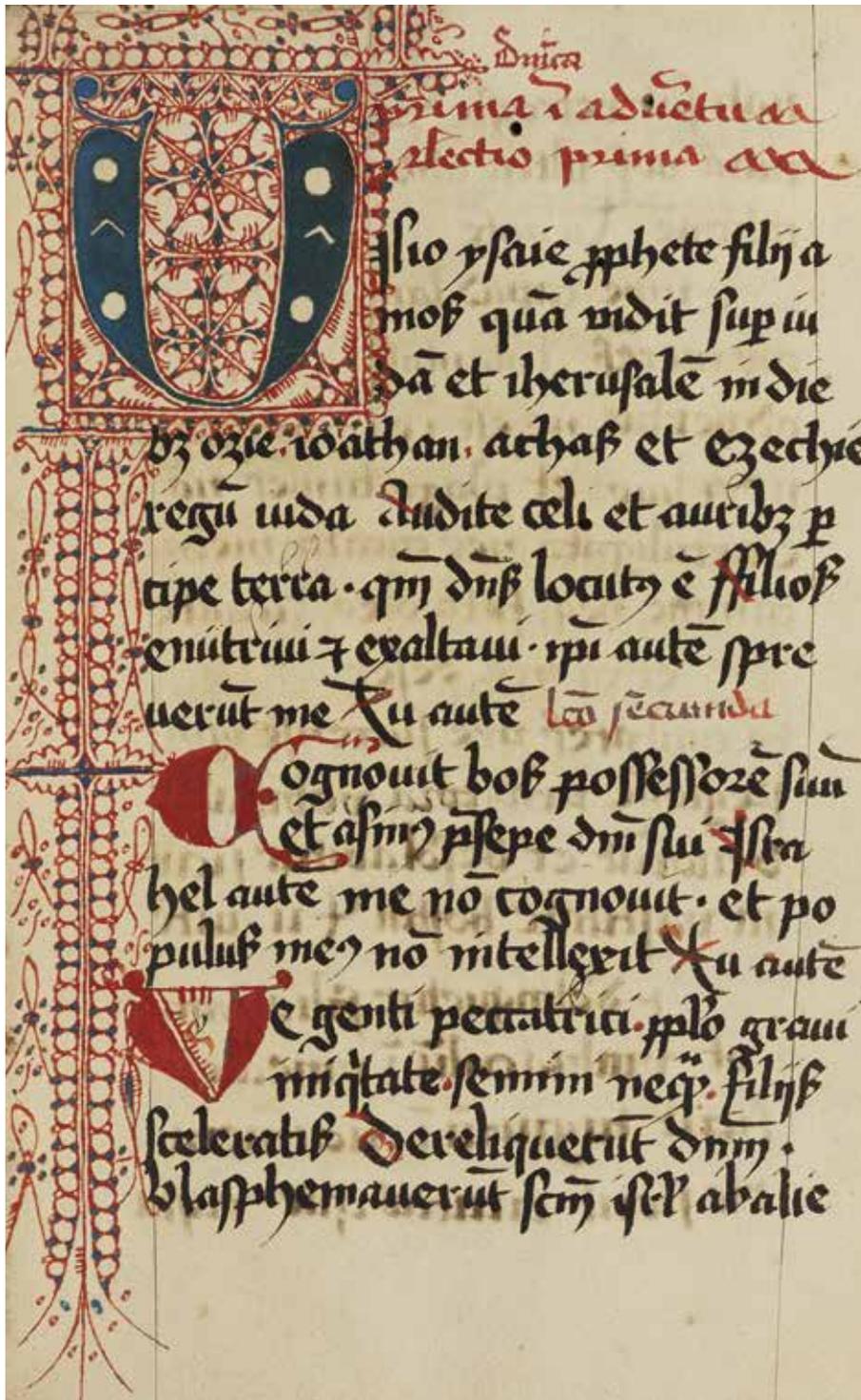
### Die Ordnung der Dinge: Wissensspeicher und was sie verraten

Damit sich klösterliche Innovationen durchsetzen konnten, mussten das dafür nötige Wissen sowie die damit verbundenen Ideen bewahrt und gespeichert werden: in Büchern, Briefen und Dokumenten, die in Klosterbibliotheken verfasst, abgeschrieben und aufbewahrt wurden. Dabei handelte es sich keinesfalls nur um

Abschriften bedeutender theologischer Werke oder um Verwaltungsdokumente.

An kleinen, lebensnahen Episoden, sogenannten „Exempla“, wurden auch Werte veranschaulicht, die wiederum in Exempelsammlungen ein moralisches Weltbild vermittelten. Es war „eine Welt voller Geschichten, die stets auch eine Vision von einer besseren Welt vermittelte“, so Burkhardt. So entstanden „innovative Gemeinschaftsentwürfe, die mündlich oder schriftlich weitergegeben wurden“. In dem Projekt „Klöster im Hochmittelalter. Innovationslabore europäischer Lebensentwürfe und Ordnungsmodelle“ an der Heidelberger Akademie der Wissenschaften machen Julia Burkhardt und ihr Team diese Texte in einer kritischen Edition mit deutscher Übersetzung zugänglich, zum Beispiel das sogenannte Bienenbuch des Dominikaners Thomas von Cantimpré, ein mittelalterlicher „Bestseller“, der zwischen dem 13. und 16. Jahrhundert über einhundert Mal abgeschrieben und in verschiedene Volkssprachen übersetzt wurde. Die Menschen sollten „von Bienen lernen“ können, so Thomas von Cantimprés Grundidee, aus der er in zahlreichen abwechslungsreichen Erzählungen aus dem Lebensalltag des 13. Jahrhunderts die Vision einer idealen Gemeinschaft entwickelt.

Aber nicht nur die mittelalterlichen Handschriften sind eine ganz besondere Quelle, sondern auch die Bibliothekskataloge selbst, zeigen sie doch, welche Bü-



cher kopiert, ausgeliehen und weitergegeben wurden. Und sie verraten noch mehr. Sie machen deutlich, unter welchen Schlagwörtern Bücher erfasst, wo sie einsortiert und damit in das bestehende Wissenssystem integriert wurden. Besonders spannend findet die Mittelalterhistorikerin zudem die Randnotizen in den Handschriften. Sie geben häufig Aufschluss darüber, wie die Bücher im Mittelalter genutzt, wahrgenommen und bewertet wurden.

So etablierten sich allmählich neue Ideen im alten System. Damit sich solche Neuerungen aber nachhaltig behaupten konnten, brauchte es ihre Bestätigung in den Gemeinschaften, zum Beispiel in regelmäßigen Versammlungen wie jenen der Bursfelder Kongregation. Wichtig war auch eine ausgeprägte Diskussionskultur: Ehrende Worte sind erwünscht, schmähende verpönt. Benötigt werden, drittens, zudem Dissens- und Konsensideale. Das Ziel sind wie so oft Beschlüsse, hinter denen viele stehen können und die trotzdem auch Raum für Dissens lassen. Hört sich modern an? Ist bald 600 Jahre alt.

Prof. Dr. Julia Burkhardt

ist Inhaberin des Lehrstuhls für Geschichte des Mittelalters unter besonderer Berücksichtigung des Spätmittelalters an der LMU. Julia Burkhardt, Jahrgang 1984, studierte Mittlere und Neuere Geschichte, Politikwissenschaft und Osteuropäische Geschichte an den Universitäten Heidelberg und Warschau. Nach ihrer Promotion an der Universität Heidelberg war sie wissenschaftliche Mitarbeiterin im Forschungsprojekt „Klöster im Hochmittelalter. Innovationslabore europäischer Lebensentwürfe und Ordnungsmodelle“ der Heidelberger Akademie der Wissenschaften. Habilitation in Mittelalterlicher Geschichte an der Universität Heidelberg, danach Lehrstuhlvertretung an der Universität Bonn, bevor sie 2020 an die LMU berufen wurde.

Regeln für die Glaubensgemeinschaft: das „Breviarium Benedictinum congregationis Bursfeldensis“. Das Digitalisat zeigt den Beginn der Handschrift, die zwischen 1495 und 1500 entstand. Foto: Herzog August Bibliothek, Wolfenbüttel

# „Gebärdensprache stiftet Identität“

Barrieren überwinden: Die LMU-Forschenden Laura Avemarie (hörend) und Stefan Goldschmidt (taub) untersuchen, wie die gesellschaftliche Teilhabe von Kindern und Jugendlichen mit Taubheit/Hörbehinderung gelingen kann.

Interview: Stefanie Reinberger

Sie befassen sich schwerpunktmäßig mit Fragen der Entwicklung, Förderung und dem Unterrichten von jungen Menschen mit Taubheit/Hörbehinderung. Wie lässt sich Ihre Zielgruppe beschreiben?

**Laura Avemarie:** In Deutschland leben ungefähr 80.000 taube Menschen, etwa 250.000 nutzen die Deutsche Gebärdensprache – darunter auch Menschen, die mit Hörhilfen versorgt sind. Deutschlandweit werden rund 20.000 Kinder mit dem Förderschwerpunkt Hören und Kommunikation unterrichtet, davon etwa 50 Prozent in inklusiven Bildungssettings und 50 Prozent an Schulen mit dem Förderschwerpunkt Hören und Kommunikation.

**Stefan Goldschmidt:** Bei Menschen mit Taubheit/Hörbehinderung handelt es sich um eine sehr heterogene Gruppe. Es geht um Personen mit sehr unterschiedlichen Formen und Graden der Hörbehinderung. Manche sind mit Hörgeräten, andere mit Cochlea-Implantaten, mit beidem versorgt – oder auch nicht, weil sie Hörhilfen nicht möchten. Einige kommunizieren in Gebärdensprache, einige in Lautsprache oder sie nutzen beide Modalitäten. Bei 90 bis 95 Prozent der Kinder und Jugendlichen mit Taubheit/Hörbehinderung sind die Sorgeberechtigten hörend, sie werden also in ein primär lautsprachlich kommunizierendes und nicht gebärdensprachkompetentes Umfeld geboren. Das zeigt, dass es in unserem Förderschwerpunkt insbesondere um Fragen des Abbaus von Sprach- und Kommunikationsbarrieren auf verschiedenen Ebenen geht.

Welche Rolle spielt die Gesellschaft bei diesen Einschränkungen?

**Avemarie:** Für die sonderpädagogische Perspektive ist heute die „Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit“ der WHO und das zugrundeliegende bio-psycho-soziale Modell leitend. Danach wird „Behinderung“ als mehrdimensionales Phänomen betrachtet, das nicht nur aus einer Einschränkung in den Körperfunktionen und -strukturen resultiert, sondern vielmehr aus der Interaktion zwischen Menschen und ihrer materiellen und sozialen Umwelt entsteht. Würden etwa alle Menschen die Gebärdensprache beherrschen, würden Menschen mit Taubheit in ihrer Aktivität und Teilhabe vermutlich wesentlich weniger Einschränkungen erleben.

## Gleichberechtigte Chancen auf Bildung und Teilhabe

**Goldschmidt:** Bei gebärdensprachlich kommunizierenden Menschen handelt es sich um eine sprachliche und kulturelle Minderheit. Durch die starke lautsprachliche Prägung der Gesellschaft kommt es zur Diskriminierung von hörenden Menschen gegenüber Menschen mit Taubheit/Hörbehinderung. Das nennt man Audismus. Es bezeichnet sowohl bewusste als auch unbewusste Diskriminierung.

Wo muss die Förderung von Kindern mit Taubheit/Hörbehinderung ansetzen?

**Avemarie:** Der sichere Erwerb einer Erstsprache bildet das Fundament für die Entwicklung im kognitiven und sozial-emotionalen Bereich. Sie beeinflusst die Bildungs- und Teilhabechancen, den beruflichen Erfolg und die Lebensqualität. Trotz früher Diagnosestellung – das Neugeborenen-Hörscreening ist seit 2009 verpflichtend – weisen Kinder mit Hörgeräten oder Cochlea-Implantaten allerdings deutlich häufiger als hörende Kinder sprachliche Auffälligkeiten auf. Besonders gut untersucht ist die Sprachentwicklung bei Kindern mit Cochlea-Implantaten und hörenden Sorgeberechtigten. Demnach gehen wir davon aus, dass im Vorschulalter etwa 70 Prozent Verzögerungen zeigen, während es am Ende der Grundschulzeit noch etwa 30 bis 40 Prozent sind. Ein Fokus unseres Förderschwerpunkts liegt daher auf der Frage, wie sich der Erstspracherwerb von Kindern mit Taubheit/Hörbehinderung sichern lässt. Der Erwerb von zwei Erstsprachen – der Gebärdensprache und der Lautsprache – gilt dabei als Königsweg. Die Lautsprache ist für Kinder mit Hörbehinderung an viele Herausforderungen geknüpft, die Gebärdensprache ist hingegen uneingeschränkt wahrnehmbar.

Gilt der parallele Erwerb von Gebärdensprache und gesprochener Sprache als Zweisprachigkeit?

**Avemarie:** Wir sprechen von bimodaler Bilingualität, weil Gebärdensprache und Lautsprache in unterschiedlichen Modalitäten realisiert werden. Wissenschaftlich gesichert wissen wir heute: Der Er-



„Insgesamt muss unsere Gesellschaft inklusiver werden“, sagen Laura Avemarie und Stefan Goldschmidt. Foto: Cornelia Ruppert

werb einer Gebärdensprache unterstützt den Erwerb der Lautsprache und behindert ihn nicht.

Das wurde sehr lange anders gesehen ...

**Goldschmidt:** Früher wurden Kinder nicht in Gebärdensprache unterrichtet. Der Einsatz von Gebärdensprache im Unterricht war sogar verboten. Stattdessen erfolgte der Unterricht mit Kindern mit Taubheit/Hörbehinderung meist oral – durch Lehrkräfte, die ausschließlich in der Lautsprache kommunizierten. Das Hör- und Sprechtraining stand im Fokus. Für Kinder mit Taubheit/Hörbehinde-

rung hatte dies seelische Folgen sowie Verzögerungen in der kommunikativen und kognitiven Entwicklung zur Folge. 2002 wurde die Deutsche Gebärdensprache dann in Deutschland gesetzlich als eigenständige Sprache anerkannt. Dabei ist Gebärdensprache nicht nur Mittel zur Kommunikation. Sie ist auch identitätsstiftend für die Gebärdensprachgemeinschaft. Der Zugang zur Deutschen Gebärdensprache (DGS) stellt also eine Bereicherung für die persönliche, soziale, kognitive, emotionale und sprachliche Entwicklung von Kindern mit Taubheit/Hörbehinderung dar.

Wie sieht die Situation heute aus?

**Avemarie:** Es besteht derzeit noch eine erhebliche Lücke zwischen den Bedarfen an bimodal-bilingualer Bildung – das heißt einer Bildung in Laut- und Gebärdensprache ab der Frühförderung – und den Angeboten in der Praxis. Sprachdeprivation ist also weiterhin ein bestimmendes Thema. Sowohl Schulen mit dem Förderschwerpunkt Hören und Kommunikation als auch Universitäten ermöglichen aber zunehmend entsprechende Bildungsangebote. Wie bimodal-bilingualer Unterricht gelingen kann, untersuchen wir derzeit in einem vom Kultus-

ministerium geförderten Modellprojekt in Bayern.

Die Problematik beginnt weit vor der Einschulung. Was kann man ihr entgegensetzen?

**Goldschmidt:** Eine Hauptursache liegt in kommunikativen Barrieren im familiären Umfeld sowie in formalen Bildungsettings wie Krippe, Kindergarten und später in der Schule. Nur ein geringer Anteil der Sorgeberechtigten und der in der Frühförderung tätigen Fachkräfte beherrscht die Gebärdensprache. Das betrifft auch Lehrkräfte an Schulen mit dem Förderschwerpunkt Hören und Kommunikation.

### Kommunikationsbarrieren auch im familiären Umfeld

**Avemarie:** Hierzu haben wir aus einem unserer Projekte aktuelle Zahlen: Demnach verfügt nur etwa ein Viertel der Lehrkräfte und pädagogischen Fachkräfte in der Frühförderung, die mit Kindern mit Taubheit/Hörbehinderung arbeiten, nach eigenen Angaben über hohe Kompetenzen in der Deutschen Gebärdensprache. Hinzu kommen Verunsicherungen aufseiten der Sorgeberechtigten, die die Interaktionsqualität beeinflussen können.

Welche Konsequenzen kann eine Sprachdeprivation haben?

## »Durch die starke lautsprachliche Prägung unserer Gesellschaft kommt es zur Diskriminierung von Menschen mit Taubheit/Hörbehinderung.«

Stefan Goldschmidt

**Avemarie:** Sprachdeprivation kann die kognitive und sozial-emotionale Entwicklung beeinträchtigen. So ist Sprache eine wichtige Grundlage für die sogenannten exekutiven Funktionen, die wir benötigen, um etwa Handlungen zu planen und durchzuführen. Untersuchungen belegen, dass Kinder mit Taubheit/Hörbehinderung von hörenden Sorgeberechtigten häufiger Auffälligkeiten im exekutiven System zeigen als hörende Kinder. Gemeinsam mit einem Team aus den Niederlanden entwickeln wir Programme zur Förderung der exekutiven Funktionen von Kindern mit Taubheit/Hörbehinderung im Vorschul- und Grundschulalter. Ein weiteres Problem ist der durch Sprachbarrieren verkleinerte Interaktionsradius für Kinder und Jugendliche mit Taubheit/Hörbehinderung. Insbesondere für die kognitive und sozial-emotionale Entwicklung stellt jedoch der Kontakt mit Peers einen wichtigen Motor dar.

Gibt es auch einen Zusammenhang zwischen Sprachdeprivation und Gewalterfahrungen?

**Avemarie:** Ja. Kinder, Jugendliche, aber auch Erwachsene mit Taubheit/Hörbehinderung sind deutlich häufiger als hörende Personen oder Personen mit anderen Formen von Behinderung von sexualisierten Gewalterfahrungen betroffen. Das zeigt auch eines unserer aktuellen Forschungsprojekte zur Betroffenheit von digitaler sexualisierter Gewalt. Die Ursachen sind vielfältig und unter anderem auf kommunikative Barrieren mit den Sorgeberechtigten, Lehrkräften, pädagogischen Fachkräften und Peers zurückzuführen, die den Erwerb von Wissen und Erhalt von Informationen für junge und erwachsene Menschen mit Taubheit/Hörbehinderung einschränken. Problematisch ist zudem, dass viele Informationen in der Schriftsprache vermittelt werden. Diese basiert auf der Lautsprache und ist damit eine Fremdsprache für taube Menschen, weshalb sie die Informationen nicht im gleichen Ausmaß nutzen können wie hörende Personen. Und nicht zuletzt ist es die fehlende verbindliche Professionalisierung von Lehrkräften im Bereich der Prävention sexualisierter Gewalt, die zu einer erhöhten Betroffenheit von sexualisierter Gewalt in dieser Gruppe beiträgt.

Wie lassen sich Förderung, Bildungschancen und Teilhabe für die Zukunft verbessern?

**Avemarie:** Das Hauptziel muss darin bestehen, einen gleichberechtigten Zugang zu Bildung und Förderung zu erreichen und so die Entwicklungs- und Teilhabechancen zu verbessern, was sich letztlich

## »Es besteht derzeit noch eine erhebliche Lücke zwischen den Bedarfen an bimodal-bilingualer Bildung und den Angeboten in der Praxis.«

Laura Avemarie

auf die Lebensqualität auswirkt. Dazu brauchen wir ein flächendeckendes bi-modal-bilinguales Bildungsangebot, bessere Bildungsbedingungen in der Inklusion und stärkeres politisches Engagement zur Umsetzung der UN-Behindertenrechtskonvention für Menschen mit Taubheit/Hörbehinderung.

**Goldschmidt:** Insgesamt muss unsere Gesellschaft inklusiver werden. Der Begriff „Inklusion“ ist für viele immer noch ein Zauberwort. Inklusion und eine „Schule für alle“ werden erst gelingen, wenn die individuellen Bedarfe von Kindern und Jugendlichen umfassend berücksichtigt werden und ein uneingeschränkter Zugang zu Sprache und Bildung ermöglicht wird.

**Professorin Dr. Laura Avemarie** ist Inhaberin des Lehrstuhls für Sonderpädagogik – Förderschwerpunkt Hören und Kommunikation einschließlich inklusiver Pädagogik an der LMU. Sie hat Sonderpädagogik an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg studiert, wo sie auch promoviert wurde. Außerdem hat sie das Zweite Staatsexamen für das Lehramt an Sonderschulen abgelegt. Vor ihrem Stellenantritt an der LMU im August 2022 war sie Juniorprofessorin für Psychologie bei Gehörlosen und Schwerhörigen an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg.

**Stefan Goldschmidt** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Sonderpädagogik – Förderschwerpunkt Hören und Kommunikation einschließlich inklusiver Pädagogik an der LMU. Er studierte Soziologie und Deaf Studies an der Gallaudet University in Washington, D.C., einer Universität für Menschen mit Taubheit/Hörbehinderung. Des Weiteren studierte er Gebärdensprachen und Soziologie an der Universität Hamburg und arbeitete unter anderem am dortigen Institut für Deutsche Gebärdensprache und Kommunikation Gehörloser, bevor er 2023 an die LMU wechselte.

Mit ihrem Forschungsschwerpunkt zur Inklusion von Menschen mit Taubheit/Hörbehinderung sind Professorin Laura Avemarie und Stefan Goldschmidt Teil der Initiative „Belonging@LMU“ von Professorin Francesca Biagini, Vizepräsidentin der LMU für Internationales und Diversity.

## Den Schatz der Sprache heben

Barrieren überwinden: Sprachentwicklungsstörungen können zu vielerlei Problemen führen – auch noch im Erwachsenenleben. Der Sprachheilpädagoge Andreas Mayer erforscht die Ursachen und entwickelt Förderprogramme für Kinder.

Von Stefanie Reinberger

Sprache ist menschlich. Sie ist eine Besonderheit unserer Spezies und macht gleichzeitig den Menschen aus. Zwar kommunizieren auch andere Lebewesen untereinander, aber allein der Homo sapiens nutzt dafür ein logisches System aus Lauten und Begriffen, also das, was wir Sprache nennen. Und mithilfe dieser Sprache drücken wir Emotionen aus, nutzen sie zum rationalen Denken und um Handlungen zu planen. Sie ist der entscheidende Treibstoff für menschliches Miteinander, für Gesellschaft und Kultur.

Doch was ist, wenn Einzelnen dieses menschliche Universalwerkzeug nicht oder nur eingeschränkt zur Verfügung steht? Ursachen dafür kann es viele geben: eine Hörschädigung etwa oder



Spielerisch den Zugang finden: Andreas Mayer entwickelt Lernhilfen, um Kinder in ihrer Sprachentwicklung zu fördern. Foto: Alessandra Schellnegger



Sprache ist Treibstoff für menschliches Miteinander, für Gesellschaft und Kultur. Doch was, wenn sie Einzelnen nicht oder nur eingeschränkt zur Verfügung steht? Sprachheilpädagoge Andreas Mayer erforscht Ursachen und Möglichkeiten der Förderung. Foto Alessandra Schellnegger

körperliche, kognitive oder psychische Einschränkungen. „Bei sechs bis acht Prozent eines Jahrgangs treten zudem Sprachentwicklungsstörungen ohne erkennbare Ursache auf“, sagt Professor Andreas Mayer, Inhaber des Lehrstuhls für Sprachheilpädagogik an der LMU. „Sie gehören damit zu den häufigsten Entwicklungsstörungen im Kindesalter.“

Die Häufigkeit von Sprachentwicklungsstörungen mag überraschen. „Das liegt daran, dass sie oft nicht richtig erkannt werden“, sagt Mayer. Kinder beginnen unterschiedlich früh zu sprechen: Während manche bereits mit acht Monaten erste verständliche Worte artikulieren, geht es bei anderen erst mit zwei Jahren los, sodass es für Eltern und Erziehende in Kindertagesstätten oft schwer ist abzu-

grenzen, ob ein Kind einfach nur spät dran ist oder ob eine Störung vorliegt. Und: Kinder haben Schwierigkeiten auf unterschiedlichen Ebenen. So können Aussprache, aktiver Wortschatz, aber auch Sprachverständnis eingeschränkt sein. „Am auffälligsten sind noch Probleme bei der Aussprache, die werden am ehesten bemerkt, so dass man die betroffenen Kinder frühzeitig gezielt fördern kann“, sagt Mayer. Auch wenn der Wortschatz weit unter dem alterstypischen Umfang liegt oder Kinder wirr und für den Zuhörer nicht nachvollziehbar erzählen, sticht das eher hervor, als wenn das Verstehen von Sprache betroffen ist.

Beim Sprachverständnis können wiederum zwei Ebenen beeinträchtigt sein: das Verstehen einzelner Worte oder Satzbau

und Grammatik. Ein Beispiel wäre „Die Katze jagt die Maus“ versus „Die Katze wird von der Maus gejagt“ – einmal aktiv, einmal passiv. „Kinder mit Schwierigkeiten im Sprachverständnis können hier aber nicht unterscheiden, wer Jäger und wer Gejagter ist“, so Mayer. Sie verstehen also den Bezug und damit die Aussage nicht.

### Wer ist Jäger und wer Gejagter?

Es liegt auf der Hand, dass derartige Beeinträchtigungen zu vielerlei Problemen führen – oft auch noch im Erwachsenenleben. In Kita und Schule haben Kinder Schwierigkeiten, Aufgabenstellungen zu

# »Bei sechs bis acht Prozent eines Jahrgangs treten Sprachentwicklungsstörungen ohne erkennbare Ursache auf.«

verstehen. Das führt oft auch zu schwachen Leistungen in Fächern, die gar nicht direkt betroffen sind: Versteht ein Kind im Matheunterricht eine Textaufgabe nicht, kann es diese nicht lösen – selbst dann, wenn ihm das Rechnen eigentlich gar keine Schwierigkeiten bereitet. Das führt zu Frustration, schlechtem Selbstwertgefühl, aber auch zu schlechteren Bildungschancen. In der Berufsausbildung und am Arbeitsplatz können Aufträge nicht zur Zufriedenheit ausgeführt werden, wenn Betroffene sie schlicht nicht richtig auffassen.

Darüber hinaus ist auch das soziale Miteinander beeinträchtigt: Versteht ein Kind seine Mitschüler nicht, kann es nicht adäquat auf sie reagieren. Gemeinsames Spiel ist so kaum möglich. „Häufig verstehen betroffene Kinder auch Mimik und Körpersprache ihrer Mitmenschen nicht“, benennt Mayer das Ausmaß. „Das kann dann beispielsweise dazu führen, dass sie es als Angriff interpretieren, sobald sich ein Mitschüler an sie wendet.“

Vor diesem Hintergrund verwundert es nicht, dass Mayer in einer Untersuchung festgestellt hat, dass ein hoher Anteil der Kinder, die aufgrund von Defiziten in ihrer sprachlichen Entwicklung eine sonderpädagogische Fördereinrichtung besuchen, auch psychisch auffällig war. Gleichzeitig zeigte sich auch, dass Kinder, die aufgrund von psychischen Auffälligkeiten eine Schule zur Erziehungshilfe besuchen, zu mehr als 70 Prozent in mindestens einem Bereich auch sprachliche Defizite aufwiesen.

Für Mayer steht dies aber auch im Zusammenhang mit einem weiteren Punkt, der für seine Arbeit zentral ist: die Sprache, die Lehrkräfte nutzen. Bewusst eingelegte Sprechpausen, Visualisierung, Aufmerksamkeitslenkung, bewusster Einsatz von Gestik, eine Wortwahl, die für die Kinder leicht verständlich ist – all das spiele

eine entscheidende Rolle für den Unterrichtserfolg, wie Mayer bereits 2009 festgestellt hat. Für ihn ist dieser Teil der Förderung essenziell.

## Strategien einüben, um den Inhalt zusammenzufassen

Praxisorientierte Arbeit ist dem Sprachheilpädagogen ein ganz besonderes Anliegen. Das betrifft die Ausbildung von Lehrkräften, aber auch das Entwickeln von speziellen Förderkonzepten, insbesondere im Bereich der Lese- und Rechtschreibkompetenzen. „Man muss sich klarmachen, dass Lesen und Schreiben nichts anderes ist als der Umgang mit visualisierter Sprache“, unterstreicht Mayer. Dass es für Kinder mit Sprachentwicklungsstörungen eine besondere Herausforderung ist, sich diesen Bereich zu erschließen, liegt nahe. Der Sonderpädagoge untersucht daher mit seinem Team, welche besonderen Schwierigkeiten Kinder mit Sprachförderbedarf haben – welche Probleme beispielsweise auch am Ende der Grundschulzeit noch bestehen und mit welchen Strategien sich die betroffenen Kinder am besten unterstützen lassen.

Mayer hat mit seinem Team ein spezielles Programm zur Förderung des Leseverständnisses entwickelt: „Lesetricks von Professor Neugier“. Es richtet sich an Kinder, die zwar über ausreichende Lesefähigkeiten verfügen, jedoch Schwierigkeiten haben, Informationen aus einem Text zu ziehen. Bei einer Evaluierung im Jahr

2021 zeigte sich, dass es für den Fortschritt der Kinder wichtig ist, einerseits die lexikalen Fähigkeiten, also Wortschatz und Worterkennung, zu fördern und gleichzeitig Strategien einzuüben, um den Inhalt beispielsweise zusammenfassen und wiedergeben zu können. Entscheidend für den Erfolg ist zudem, die Kinder in kleinen Gruppen zu unterrichten, um individuelle Hilfestellung geben zu können.

Mayer entwickelt solche Förderprogramme zur Verbesserung von Lesekompetenzen und der Rechtschreibfähigkeiten jedoch nicht nur für Kinder mit Sprachentwicklungsstörung. „Letztlich möchte ich alle Kinder dabei unterstützen, den Schatz der Sprache zu heben – egal ob geschriebene Sprache oder gesprochene“, sagt er. „Daher mache ich bei meinen Förderprogrammen eigentlich keinen Unterschied: Sie sind für alle Kinder gedacht, die Unterstützung brauchen.“

### Prof. Dr. Andreas Mayer

ist Inhaber des Lehrstuhls für Sprachheilpädagogik an der LMU. Mayer studierte Sprachheilpädagogik und Verhaltensgestörtenpädagogik an der LMU. Er unterrichtete dreizehn Jahre als Sonderschullehrer in München, bevor er in den Hochschuldienst an der LMU zurückkehrte, wo er auch promoviert wurde. Danach lehrte er an den Universitäten Köln und Potsdam. Er habilitierte sich in Köln, bevor er 2015 an der LMU zum Professor ernannt wurde.

Mit seinem Forschungsschwerpunkt zur Sprachheilpädagogik ist Professor Andreas Mayer Teil der diesjährigen Initiative „Belonging@LMU“ von Professorin Francesca Biagini, Vizepräsidentin der LMU für Internationales und Diversity.

# Erwärmung in der Kältekammer

Die Antarktis ist eine Schlüsselregion für das globale Klima – und auch hier hinterlässt der Treibhauseffekt seine Spuren. Biogeochemiker Gonzalo Gomez-Saez und Klimaforscher Alexander Haumann von der LMU erforschen ein komplexes System.

Von Monika Gödde

Riesige Meereisfelder, kilometerdicke Eisschilde, gigantische Gletscher: Noch Wochen nach seiner Rückkehr aus der Antarktis ist Gonzalo Gomez-Saez überwältigt. „Dort ist man wirklich allein mitten im Nirgendwo, umgeben von unberührter Schönheit“, schwärmt der Biogeochemiker. Fernab der Zivilisation ist der Mensch nur Gast in jener von extremen Bedingungen geprägten Umwelt. Aber auch diese scheinbar so entrückte Welt verändert sich: Das dramatische Schrumpfen des Meereises, steigende Temperaturen und schwindende Gletscher zeigen, dass auch hier der Klimawandel seine Spuren hinterlässt. Gomez-Saez untersucht, wie mikrobielle Gemeinschaften auf die Temperaturveränderungen reagieren.

Alexander Haumann, Professor für Physische Geographie mit Schwerpunkt Ozeanographie am Department für Geographie, blickt dagegen vor allem auf die unbelebte Natur: „Vielen ist wohl gar nicht bewusst, welche riesigen Mengen an menschengemachtem CO<sub>2</sub> und Wärme der Südliche Ozean speichert“, sagt er. „Die Ozeane als Ganzes nehmen etwa 90 Prozent der Wärme auf, die durch fossile Emissionen zusätzlich im Klimasystem aufgenommen werden. Circa drei Viertel davon landen im Südlichen Ozean. Auch vom CO<sub>2</sub> wird ein relativ großer Teil im Südlichen Ozean aufgenommen.“ Daher ist dieser bisher eine der wichtigsten Bremsen der globalen Erwärmung.

Als „Kältekammer“ der Erde treibt die Antarktis Luft- und Meeresströmungen an und damit auch globale Kreisläufe, etwa von Wärme und Kohlenstoff. Aber was passiert, wenn der Klimawandel die Ozean-Zirkulation und die Eigenschaften des Südlichen Ozeans verändert? Das ist eine der Fragen, die sich Haumann stellt. Im Gegensatz zu den Tropen und Subtropen, wo die Temperaturunterschiede zwischen warmem Oberflächen- und kaltem Tiefenwasser eine so starke Schichtung erzeugen, dass kaum Austausch stattfindet, mischen sich in der kalten Antarktis die Wasserschichten leichter. „Etwa 80 Prozent der globalen Tiefenwassermassen aus Pazifik und Atlantik sehen die Oberfläche erst im Südlichen Ozean wieder“, so Haumann. Weil der tiefe Ozean etwa 40-mal so viel CO<sub>2</sub> enthält wie die Atmosphäre, gibt es in den Polargebieten eine natürliche Freisetzung von CO<sub>2</sub>, wenn das Tiefenwasser an die Oberfläche kommt, während in anderen Gebieten CO<sub>2</sub> vom Ozean aufgenommen wird.

## Polargebiete setzen CO<sub>2</sub> aus dem Tiefenozean frei

Welchen Einfluss biologische Prozesse auf den in den Ozeanen gespeicherten Kohlenstoff haben, untersucht Gonzalo Gomez-Saez, Leiter einer interdisziplinären Emmy-Noether-Forschungsgruppe am Department für Geo- und Umweltwissenschaften: Ein erheblicher An-

teil des organischen Kohlenstoffs steckt in gelöster organischer Materie, die Radiokarbonanalysen zufolge teilweise seit mehr als 6.000 Jahren im Meer akkumuliert. Warum diese Stoffe nicht verstoffwechselt werden, stellt Meeressenschaftler noch vor Rätsel. Als Gastwissenschaftler auf der Reise „Journey to Antarctica“ von Lindblad Expeditions und National Geographic (finanziert aus Mitteln von LEX-NG) hatte Gomez-Saez die Gelegenheit, die Antarktis zu bereisen. Dort sammelte er gemeinsam mit seinem Kollegen David Velázquez, National Geographic Explorer von der Autonomen Universität Madrid, Wasser, Eis und Bodenproben – teilweise verummumt in Ganzkörperschutzanzügen. So sollten vor allem die dort lebenden Pinguine vor der Ansteckung mit Vogelgrippe geschützt werden. „Eine besondere Herausforderung war, unsere Proben zu konservieren, ohne dass es zu einem Wachstum der Mikroben oder zu Zellschäden kommt“, erinnert sich Gomez-Saez. „Aber ich bin zuversichtlich, dass wir aufregende Ergebnisse über das Zusammenspiel zwischen Mikroben und gelösten organischen Stoffen in diesem empfindlichen Ökosystem erhalten werden.“

Derzeit sind die Proben noch bei minus 20 Grad in Ushuaia in Argentinien eingelagert. Sobald sie in seinem Labor in München ankommen, wird Gomez-Saez die Fähigkeit der Mikroben untersuchen, verschiedenartige gelöste organische Substanzen umzusetzen. Dabei wird er mit stabilen Isotopen markierte Kohlen-



Der Südliche Ozean spielt eine große Rolle im globalen Wärme- und Kohlenstoffkreislauf. Wie verändern sich Meeresströmungen, Eisfelder und die Aktivität von Mikroorganismen durch den Klimawandel? Foto: Gonzalo Gomez-Saez

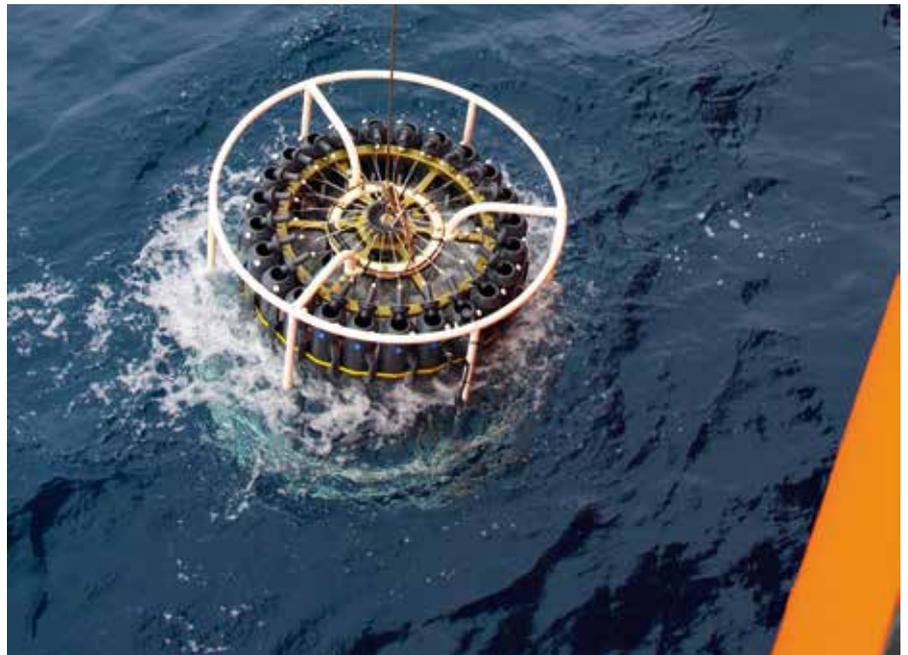


Unberührte Natur? Trotz der Abgeschiedenheit verändert sich auch die Antarktis durch menschliche Einflüsse. Foto: David Velazquez

The background of the image is a vast, textured expanse of white and light blue ice, likely a glacier or ice shelf. The ice has a rough, crystalline appearance with many cracks and ledges. In the lower-left foreground, a small group of about five people wearing bright orange or red jackets are sitting in a dark, inflatable boat. They are positioned on a flat, icy surface, providing a sense of scale to the massive ice formation behind them. The overall color palette is dominated by various shades of blue and white, with the orange/red of the people's jackets providing a sharp contrast.

»Der für die nächsten Jahrzehnte prognostizierte Temperaturanstieg wird allen Lebewesen auf der Erde andere Bedingungen auferlegen. Die Antarktis könnte ein sehr empfindliches und wertvolles Frühwarnsystem für das Verständnis der globalen Erwärmung sein.«

Gonzalo Gomez-Saez



Hightech-Flaschenpost: Klimamodelle haben aktuell noch Schwierigkeiten damit, das System im Südlichen Ozean richtig abzubilden – auch, weil es nicht genügend Messdaten aus dieser Region gibt. Alexander Haumann speist die Modelle im Zuge seines Forschungsprojekts mit neuen Daten, die mit Tausenden Argo-Floats (oben) und CTD-Rosetten (unten) gesammelt werden.

stoffverbindungen einsetzen, um deren Werdegang zu verfolgen, und in genetischen Studien analysieren, welche Mikroben wann aktiv sind. „Kältere Temperaturen könnten zu höheren Kohlenstoffgehalten führen“, erklärt Gomez-Saez. Er will unter anderem feststellen, welchen Einfluss die Temperatur auf die mikrobielle Aktivität hat und ob bestimmte Formen gelöster organischer Substanzen für Mikroben verlockender sind als andere.

Aus welchen Molekülen die gelöste organische Masse in seinen Proben zusammengesetzt ist, woher diese kommen und wie sie umgesetzt werden, untersucht Gomez-Saez in Kooperation mit Forschungsgruppen am GeoBio-Zentrum der LMU, am Max-Planck-Institut in Bremen und an der Universität Oldenburg: Dort steht eines der leistungsstärksten Massenspektrometer Deutschlands, mit dem die Masse Tausender Moleküle gleichzeitig mit höchster Präzision ermittelt werden kann.

Gomez-Saez hofft, dass seine Ergebnisse zu einem besseren Verständnis der Auswirkungen des Klimawandels auf die Ökosysteme der Ozeane beitragen. „Der für die nächsten Jahrzehnte prognostizierte Temperaturanstieg wird allen Lebewesen auf der Erde andere Bedingungen auferlegen. Die Antarktis könnte ein sehr empfindliches und wertvolles Frühwarnsystem für das Verständnis der globalen Erwärmung sein“, sagt Gomez-Saez, der mit seiner Forschungsgruppe auch einen weiteren Effekt des Klimawandels im Ozean erforscht, der vor allem die Mittleren Breiten betrifft: die Vergrößerung von anoxischen Zonen im Meer, Gebiete, in denen Sauerstoffmangel herrscht. Ähnlich wie im Fall des Austauschs von CO<sub>2</sub> zwischen Meer und Atmosphäre spielt auch hier die Schichtung der Wassermassen eine Rolle, da sie die Wasserzirkulation und damit die Belüftung verhindern kann. Neue Messdaten

zeigen, dass der Südliche Ozean im natürlichen Kreislauf vermutlich mehr CO<sub>2</sub> freisetzt, als bisher angenommen. Wie viel CO<sub>2</sub> wirklich aus dem Ozean kommt und ob das durch den Klimawandel beeinflusst wird, sei derzeit schwer zu sagen, meint Haumann. Diese Unsicherheiten hängen auch damit zusammen, dass Klimamodelle derzeit Probleme haben, das System im Südlichen Ozean richtig abzubilden – auch, weil es nicht genug Messdaten von dort gibt.

## Die Antarktis als Frühwarnsystem für den Klimawandel

„Die Antarktis ist eine sehr spezielle Gegend, und viele der globalen Modelle wurden mit Daten aus anderen Gegenden der Welt entwickelt“, sagt Haumann. Mit einem neuen Projekt, für das er gemeinsam mit dem Alfred-Wegener-Institut und der LMU einen Starting Grant des European Research Council (ERC) und eine Helmholtz Nachwuchsforschungsgruppe eingeworben hat, will der Klimaforscher neue Erkenntnisse gewinnen, um Klimamodelle in der Region zu verbessern. Ein Ziel des Projekts ist es, den Austausch zwischen Oberflächen- und tiefem Wasser im Südlichen Ozean besser zu verstehen und seine Auswirkung auf globale Klimaveränderungen zu bewerten.

Zu seinen wichtigsten Datenlieferanten gehören dabei sogenannte Argo-Floats: Rund 3.500 dieser automatisierten Treibbojen bewegen sich aktuell mit der Strömung durch die Ozeane, sinken alle zehn Tage bis in 2.000 Meter Tiefe und steigen wieder auf. Dabei messen sie Temperatur, Salzgehalt und Druck. Es können auch weitere Sensoren montiert werden, etwa um den pH-Wert und den Nitratgehalt zu bestimmen. „Diese Daten sind sehr hilf-

reich, weil die Floats auch unter dem Eis überleben und Messdaten sammeln. Im Frühling ist es immer ganz spannend, ob sie wieder zurückkommen.“

Ein Messgerät, das in der Ozeanographie häufig eingesetzt wird, ist die sogenannte CTD-Rosette: Das zylinderförmige Metallgestell wird mit Flaschen bestückt, die in verschiedenen Tiefen Wasserproben sammeln – eine Art Hightech-Flaschenpost. Das Alfred-Wegener-Institut erhebt so bereits seit Jahrzehnten wichtige Messreihen im Südlichen Ozean, die Haumanns Team helfen, den langfristigen Klimawandel und damit verbundene Veränderungen im Wärme-, Kohlenstoff- und Wasserkreislauf der Region besser zu verstehen.

Aktuelle Ergebnisse von Haumann betreffen den dramatischen Schwund des Meereises, der 2023 neue Rekordwerte erreichte. Im Unterschied zur Arktis bildet sich fast das komplette Meereis in der Antarktis jedes Jahr neu, wenn die oberste Schicht des Ozeans im Winter gefriert. Das meiste Eis entsteht in den Küstenregionen des Rossmeers und des Wedellmeers, man nennt sie auch „Eisfabriken der Antarktis“. Bis zum Jahr 2015 haben sich diese Eisflächen zur Überraschung vieler Wissenschaftler sogar ausgedehnt. „Ursache waren vermutlich stärkere Winde, durch die das Meereis aus den Eisfabriken weiter hinausgetragen wurde. Dadurch bildete sich eine offene Ozeanfläche, die dann wieder neu gefrieren konnte“, erklärt Haumann. „Aber ab 2015 ist das System plötzlich gekippt.“ Innerhalb von zwei Jahren verschwanden damals etwa vier Millionen Quadratkilometer Eis – ein Trend, der sich nach einer kurzen Erholung bis heute fortsetzt.

„Die große Frage ist, ob das ein natürlicher Prozess ist oder ob man es als Signal des Klimawandels werten muss“, sagt Haumann. Zum einen gebe es natürliche

dekadische Schwankungen des Salzgehalts, der im Südlichen Ozean die Stabilität der Schichtung des Wassers bestimmt. In den Polargebieten liegt kaltes Wasser über wärmerem. Eigentlich käme es zur Vermischung, da kaltes Wasser dichter ist als warmes und absinkt. „Das passiert aber nicht, weil das Wasser oben in der Regel weniger salzig ist als unten.“ Ändert sich diese Verteilung, kann die Schichtung instabil werden und mehr Wärme nach oben kommen, sodass mehr Eis schmilzt. Frühe Satellitenaufzeichnungen aus den 1970er-Jahren zeigen, dass es auch damals zu einem Schwund des Meereises gekommen ist, den der Klimaforscher mit diesem Effekt erklärt.

### Kippunkte gab es auch in der Vergangenheit

Das Unheil heute kommt jedoch aus der Tiefe: Im Vergleich zu den 70er-Jahren wird jetzt mit dem tieferen Wasser deutlich mehr Wärme nach oben getragen. „Wir sehen, dass sich das Wasser in 150 Metern Tiefe sehr stark erwärmt hat“, erklärt Haumann. „Wenn die Schichtung instabiler wird, weil der Salzgehalt steigt – und das ist, was gerade passiert –, dann kommt dieses warme Wasser leichter nach oben.“ Als Teil der globalen Umwälzzirkulation – einem gigantischen Wasser-Förderband, das Atlantik, Pazifik und Indischen Ozean mit dem Südlichen Ozean verbindet – strömt Wasser aus den Tropen und Subtropen gen Südpol. Wissenschaftler erwarten, dass so aufgrund der Klimaerwärmung immer mehr Wärme in Richtung der Antarktis transportiert wird.

Ozeanographen sehen seit Jahren, dass Gletscher, die viel tiefer ins Wasser reichen, von unten abschmelzen. „Aber das Meereis an der Oberfläche war lange

## »Vielen ist wohl gar nicht bewusst, welche riesigen Mengen an menschengemachtem CO<sub>2</sub> und Wärme der Südliche Ozean speichert.«

Alexander Haumann

durch die geringen Salzgehalte in den oberen 100 Metern abgeschirmt“, sagt Haumann. Nun aber werden die Folgen der Erwärmung auch hier sichtbar, und er hält es für möglich, dass durch die Kombination aus Klimaerwärmung und dekadischen Schwankungen ein Kippunkt erreicht wird. Eine dauerhafte Verkleinerung der Meereisflächen hätte Folgen für zahlreiche Organismen, die auf diesen Lebensraum angewiesen sind. Zudem könnte durch weniger Meereis mehr Wärme in den Ozean gelangen, was die Eisbildung weiter erschwert und die Ozeanzirkulation stört – ein sich selbst verstärkender Kreislauf. „Es gibt Indikatoren, die auf ein Umkippen des Systems hindeuten“, sagt Haumann. Allerdings sei noch unbekannt, ob es ein natürlicher oder Klimawandel-bedingter Kippunkt sei, denn auch in der Vergangenheit gab es vermutlich schon Kippunkte, etwa im Zusammenhang mit den Eiszeiten. Ob sich

diese Effekte auch wieder umkehren können, ist noch unklar. Eis und Ozean beeinflussen sich gegenseitig und viele Rückkoppelungseffekte sind noch nicht gut verstanden. Sicher ist, dass die polaren Regionen besonders anfällig für den Klimawandel sind. Dessen Auswirkungen auf die Antarktis besser zu verstehen, ist essenziell und erfordert eine interdisziplinäre Herangehensweise. Mit ihrer Forschung zur Ozeandynamik, den Eigenschaften des Wassers und den biologischen Prozessen beleuchten Haumann und Gomez-Saez unterschiedliche Facetten dieses komplexen Systems und tragen dazu bei, die Veränderungen zu verstehen, die die Zukunft des Planeten prägen. „Man denkt immer, das ist so weit weg“, sagt Haumann. „Natürlich beeinflussen Veränderungen im Südlichen Ozean nicht unser Wetter von morgen, aber langfristig gesehen ist der Einfluss auf unser lokales Klima und die Menschen in Europa massiv.“

#### Prof. Dr. Alexander Haumann

vertritt derzeit die Professur für Physische Geographie mit Schwerpunkt Ozeanographie am Department für Geographie der LMU. Er studierte Geowissenschaften mit Schwerpunkt Geographie an der Universität Basel und Meteorologie, Physikalische Ozeanographie und Klima an der Universität Utrecht. Promoviert wurde er an der ETH Zürich und forschte anschließend vier Jahre lang an der Princeton University und dem British Antarctic Survey. Seit 2023 ist er Forschungsgruppenleiter am Alfred-Wegener-Institut und der LMU.

#### Dr. Gonzalo Gomez-Saez

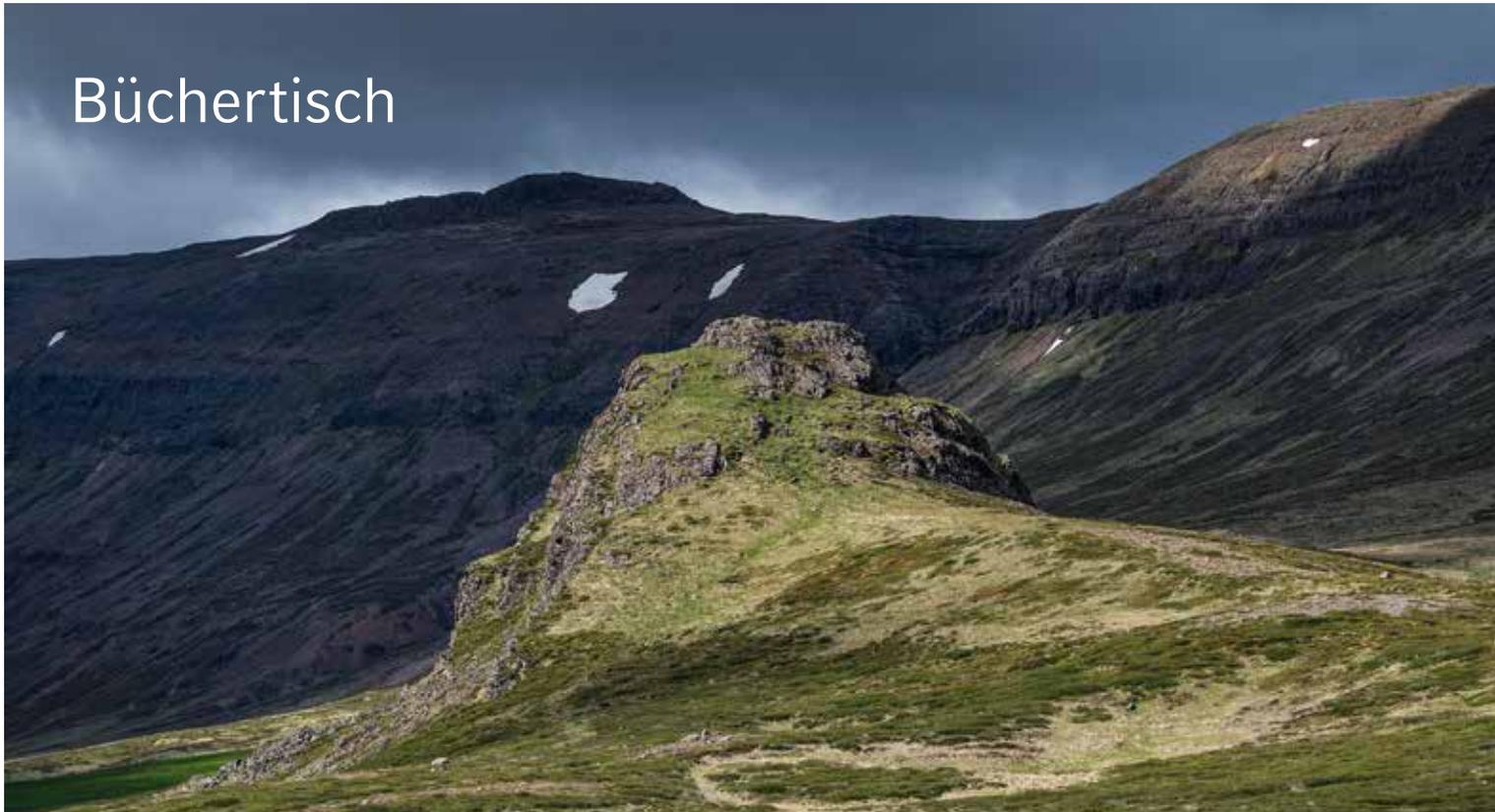
leitet eine Emmy Noether-Gruppe am LMU-Department für Geo- und Umweltwissenschaften, Paläontologie und Geobiologie. Nach seinem Studium in Spanien, Schweden und Finnland wurde er an der Universität Bremen promoviert. Gomez-Saez arbeitete in Bremen als Postdoktorand am MARUM Zentrum für Marine Umweltwissenschaften und am Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie, außerdem am Institut für Chemie und Biologie des Meeres der Universität Oldenburg und am Alfred-Wegener-Institut.



Fotos v.l.n.r.: David Velázquez (2); David Wright & Elizabeth Elliott; Emily Mall

Antarktische Mikroben: Gonzalo Gomez-Saez hat in der Antarktis Wasser, Eis und Boden beprobt – zum Schutz der Pinguine teilweise im Ganzkörperanzug. In Deutschland untersucht er den Stoffwechsel der darin enthaltenen Mikroorganismen.

# Büchertisch



Ausläufer der Anderwelt: die „Elfenkirche“ Tungustapi im Westen Islands. Foto: Olaf Krüger / imageBROKER / Picture Alliance

## Ein Spiegel der Gesellschaft



Es gibt unzählige Geschichten zu Elfen. So auch die über Erla Stefánsdóttir, die bis ins Jahr 2015 angeblich Elfenbeauftragte Islands war. Als eine Art Medium hatte sie Kontakt zum verborgenen Volk der Elfen, einen direkten Draht in die Anderwelt sozusagen. Unter ihrer Regie entstanden Karten mit Elfengebieten, die bis heute in Reykjavik verkauft werden. Island ist aktuell ohnehin der europäische Hotspot der Figuren. Auf vielen Bauernhöfen gibt es Bereiche, die den Elfen gehören, einen Hügel, in dem sie wohnen, den Teil einer Wiese, dessen Gras ihnen gehört. Lässt man sie in Ruhe, leben Menschen und Elfen einträglich zusammen.

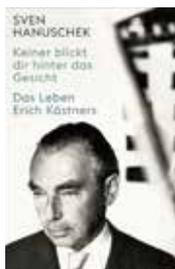
Viele der heutigen Geschichten über die Fantasiewesen sind positiv besetzt, es geht um bezaubernde Wesen, die unseren Respekt verdienen. Dabei zeigt ein Blick in die Kulturgeschichte Europas, dass Elfen und Feen in zahlreichen Geschichten, Gedichten und Mythen seit dem Mittelalter durchaus ambivalent dargestellt wurden. Da gibt es sowohl niedliche wie überaus garstige, gar rachsüchtige Elfen. Die einen bringen Blumen, die anderen den Tod. Matthias Egeler, Altskandinavist bis vor Kurzem an der LMU, kümmert sich um beide, er erzählt in seinem Buch von den Ursprüngen der Elfensagas, begleitet die Wesen auf ihrem Weg aus ländlichen in eher städtische Milieus. Der Experte für nordische Mythen begleitet ihre Ausbreitung vom späten Mittelalter bis in die Moderne, wo sie in Büchern oder Filmen wie denen der Harry-Potter-Serie ihren Platz finden. Sie sind Teil der europäischen Kultur- und Religionsgeschichte. Egeler stieß bei seiner Quellensuche auch auf besondere Protagonisten wie Robert Kirk. Der schottische Pastor beschrieb

den Elfenglauben der Menschen in den Highlands Ende des 17. Jahrhunderts mit anthropologischem Blick nicht als etwas Rückständiges, sondern als Beweis für die Existenz Gottes, stünden sie doch in Kontakt mit dem Übernatürlichen.

Egeler zeigt, dass die Elfen und Feen immer eine Funktion in den jeweiligen Gesellschaften hatten, ihre Eigenschaften sind an die Umgebungen und Zeiten angepasst. Es sind wandelbare Gestalten, die einem in Egelers Buch begegnen, die Herrinnen von Avalon aus der Artussage genauso wie die geheimnisvollen Elben Elrond und Galadriel aus dem Herrn der Ringe oder Titania und Oberon aus Shakespeares *Mittsommernachtstraum*. Jede Epoche bringt ihre Elfen und Feen hervor, stattet sie mit Wünschen und Ängsten aus. Sie sind ihr Spiegel. (huf)

Matthias Egeler: *Elfen und Feen – Eine kleine Geschichte der Anderwelt*. Verlag C.H. Beck, München 2024, 20 Euro

## Sinnlichkeit, Sachlichkeit



Kästner ist vor allem ein berühmter Kinderbuchautor. So beginnt Sven Hanuschek die erweiterte Neuausgabe seiner Kästner-Biografie. Um dann einen Absatz später auch unmittelbar den Kästner für Erwachsene einzuführen, als politischen Schriftsteller und Lyriker „mit frivolem Einschlag, als Satiriker und Humorist; neben der Satire wären allemal Melancholie und Sentimentalität zu nennen“. Hanuschek stellt seiner umfangreichen Biografik eine knappe, mit hohem Tempo geschriebene Kurzanalyse voran. Da wird dem Publikum zu Kästners 125. Geburtstag ein Phänomen in seiner ganzen Breite vorgestellt.

*Keiner blickt dir hinter das Gesicht*, so nennt der LMU-Professor sein Buch. Aber ein wenig versucht Hanuschek genau das bei Kästner, er folgt ihm nicht nur durch sein Leben, beginnend als Musterschüler, dann als Lehrer und Journalist, durch die Kriegsjahre bis hin zum späten Ruhm als „Volksschriftsteller“, berühmt eben durch die auch verfilmten Kinderbücher wie *Das doppelte Lottchen* oder *Emil und die Detektive*. Hanuschek fragt, warum dieser Kästner so gut funktioniert. „Die großen Gefühle und die Rührung, die sich aus seinen Texten immer wieder erheben, sind der Trockenheit und Lakonie ihrer Schilderung zuzuschreiben“, schreibt Hanuschek. „Da suhlt sich niemand, sondern untertreibt eher. Und er fasst seine Anliegen so all-

gemein, dass die Leser ihr eigenes Leben in seine Geschichten hineinbringen können.“ Es scheint also diese besondere Mischung aus Sinnlichkeit und Sachlichkeit zu sein, aus eleganter und gleichzeitig lakonischer Sprache. Wer so einen feinen Stil beherrscht, ist für Hanuschek ein Meister der Leichtigkeit.

Hanuschek hat vor allem mit Neuausgaben von Kästners Romanen zu einer Neubewertung seines Gesamtwerks beigetragen, etwa mit *Der Gang vor die Hunde*, der Urfassung des *Fabian*. Wer dazu nun Hanuscheks Schilderungen über Kästners Zeit zwischen 1933 und 1945 liest, als dieser, obwohl von den Nazis schikaniert, nicht emigrierte, kommt dem Autor und Menschen Kästner durchaus näher. Da ist einer, der schon in *Fabian* im Jahr 1931 vor den Nazis warnte, forderte, man solle sich politisch engagieren, selbst aber dann nicht auf die Straße gegangen ist. Der zeitlebens an einer dominanten Mutter hing. Insgesamt war Kästner, so Hanuschek, offenbar ein sehr viel komplizierterer und widersprüchlicherer Charakter, als viele denken. Vielleicht hat Hanuschek ihm tatsächlich ein wenig hinter das Gesicht geblickt. (huf)

Sven Hanuschek: *Keiner blickt dir hinter das Gesicht. Das Leben Erich Kästners*. Hanser Verlag, München 2024, 528 Seiten, 34 Euro

## Lust am Text



100 Jahre ist er nun tot, aber spätestens in diesem Jubiläumswort hat Kafka Kultstatus: Feuilleton-Artikel, Ausstellungen und Veranstaltungen allerorten, die ARD sendet ein sechsteiliges Biopic, *Der Spiegel* erklärt ihn gar zum TikTok-Star. All das erscheint wie ein breit angelegter Versuch, sich das Vielschichtige, Bohrende und auch Abgründige des Werkes über die Biografie des Autors zu erschließen.

Der Germanist Oliver Jahraus wirbt für die Lust am Text. In seinem schmalen Band *Franz Kafka. 100 Seiten* plädiert er dafür, „das Kafkaeske bei Kafka nicht im falschen Mythos des dunklen Werkes eines verzweiferten Autors zu suchen, sondern vielmehr in der Raffinesse und in der Souveränität, mit der Kafka seine Texte gestaltet, seine Erzählungen ausspinnt und seine Sujets inszeniert“. Jahraus zeigt, wie sich in Kafkas Texten der Erzähler und der Diagnostiker verbinden, wie er auf eigenwillige Weise Themen in Geschichten umsetzt, die von Macht in einem sozialen Gefüge und vom Kampf um familiäre und gesellschaftliche Anerkennung erzählen. Geschichten, die Deutungsangebote machen, aber keine Antworten geben. Jahraus fordert dazu auf, sich davon verlocken zu lassen. (math)

Oliver Jahraus: *Franz Kafka. 100 Seiten*. Reclam Verlag, Ditzingen 2023, 100 Seiten, 12 Euro



Ein großes Ungleichgewicht des Hausvermögens: Villen in Hamburg-Winterhude. Foto: K-H Spremberg / Shotshop / Picture Alliance

## Die Zukunftsfrage

# Warum bleibt die Vermögensungleichheit über Generationen bestehen?

**Fabian Pfeffer**, Inhaber des Lehrstuhls für Soziale Ungleichheit und Soziale Strukturen am Institut für Soziologie sowie Direktor des neugegründeten Munich International Stone Center for Inequality Research (ISI) der LMU: „Wir wännen uns in Deutschland oft im internationalen Mittelfeld, wenn es um das Ausmaß der sozialen Ungleichheit geht: Ungleichheit besteht, aber sie war schon größer und ist anderswo höher. Wenn wir mit Ungleichheit allerdings Vermögensungleichheit meinen, dann zeigt sich, dass Deutschland gerade im Vergleich mit vielen anderen westlichen Ländern von wesentlich stärkerer Ungleichheit geprägt ist. Nicht nur scheint die Ver-

mögenskonzentration am obersten Rand keine Grenzen zu kennen, auch die Verteilung der Vermögen der unteren 99 Prozent ist extrem schief. Dazu gehört auch ein großes Ungleichgewicht des Hausvermögens. Damit sind Wohnmärkte auch eine zentrale Stellgröße der sozialen Ungleichheit; eine Einsicht, die sich erst in den letzten Jahren und dafür umso schneller verbreitet hat. Wir müssen uns verstärkt damit auseinandersetzen, was die hohe Vermögensungleichheit in Deutschland für die Chancen der nächsten Generation bedeutet, für den sozialen Zusammenhalt und für die politische Stabilität.“

**Lesen Sie im nächsten Heft ein ausführliches Gespräch zu Vermögensverteilung und Generationengerechtigkeit.**

### Impressum

#### Herausgeber

Präsidium der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München

#### Konzept und Redaktion

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

#### Autorinnen und Autoren dieser Ausgabe

D. Anders, Maximilian Burkhart, Janosch Deeg, Claudia Doyle, H. Filser (huf), Monika Gödde, Nikolaus Nützel, Stefanie Reinberger, Alexander Stirn, M. Thureau (math), Felicitas Wilke

#### Auflage

6.500 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](mailto:Einsichten@lmu.de)

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

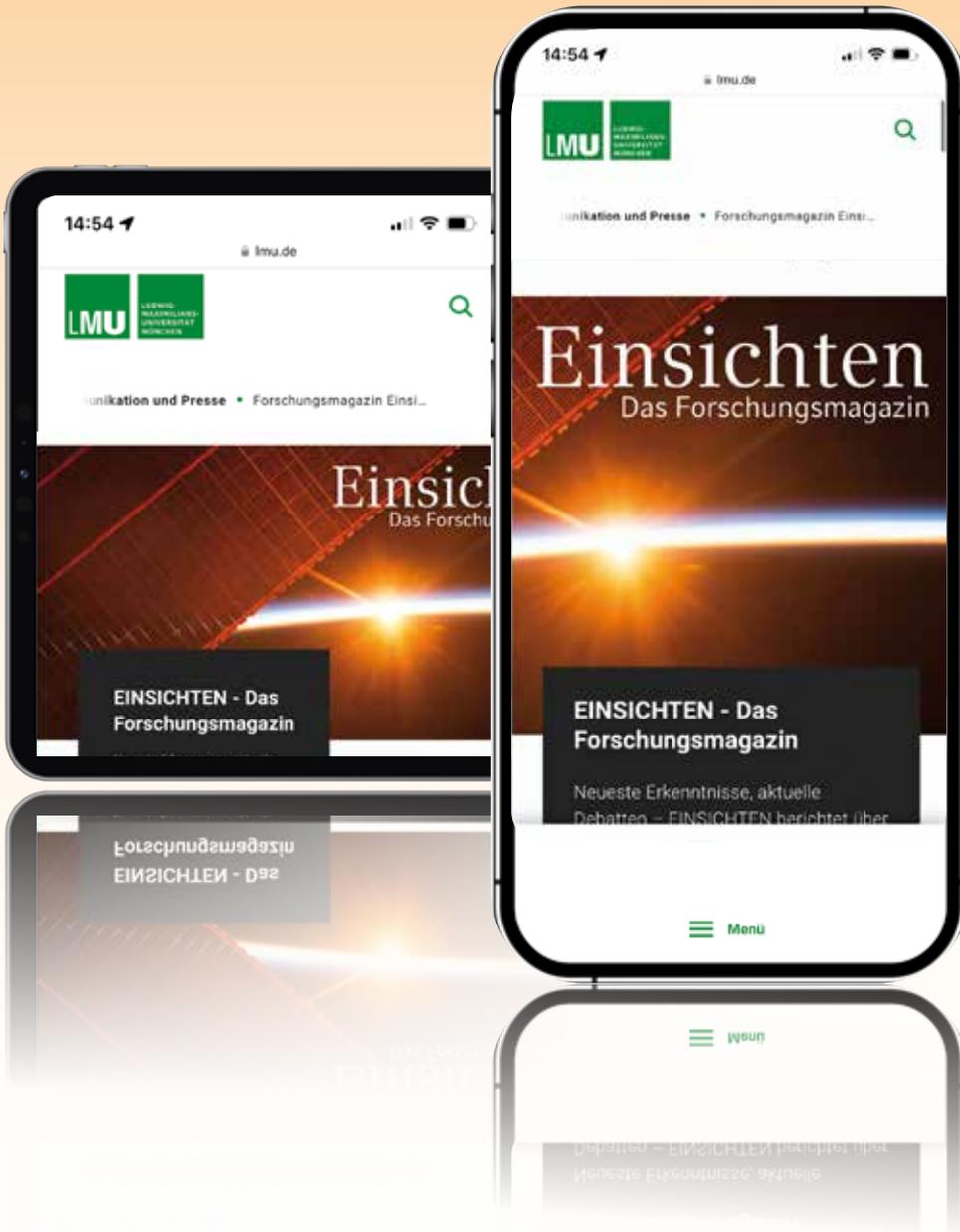
Unter dieser Adresse können Sie Einsichten. Das Forschungsmagazin auch kostenlos abonnieren.



LUDWIG-  
MAXIMILIANS-  
UNIVERSITÄT  
MÜNCHEN

# Mehr Einsichten

Lesen Sie aktuelle Geschichten zur Forschung an der LMU im Netz!



Verpassen Sie keine digitale Ausgabe mehr. Registrieren Sie sich hier kostenlos.





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)