



Echt jetzt

Natürlich, künstlich: Die Grenzen verschwimmen

Perfektionismus:

Wenn der Erfolg
über den Selbstwert
bestimmt

15

Höhenflug:

Wie Fernerkundung
die Vergangenheit
sichtbar macht

44

Hannah Arendt:

Welchen Reiz
ihr Denken auch
heute noch hat

58



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



Liebe Leserinnen, liebe Leser,

es ist eine Zeit rasanter Veränderungen, eine Welt, in der sich die Koordinaten dramatisch verschieben. Viel ist deshalb die Rede von einem Verlust der Gewissheiten. Als eine Quelle der Verunsicherung trägt dazu nicht zuletzt die zunehmende Undurchdringlichkeit der digitalen Welt bei. Sie schürt das Misstrauen in die Zeugnisse der Wirklichkeit. Welche Texte können wir noch für bare Münze nehmen? Welchen Bildern können wir noch trauen? Vielleicht hat auch unser Titelbild Sie irritiert. Irgendetwas stimmt mit diesem Bonsai nicht. Tatsächlich hat eine Künstliche Intelligenz das Bild generiert, blitzschnell einen Ersatz geschaffen, der nur auf den ersten Blick der Natur gleicht.

Womöglich war es schon immer eine grobe Vereinfachung, natürlich und künstlich als klare Gegensätze zu begreifen. Und sie mit Bedeutung aufzuladen, als Synonyme von echt und falsch. Davon erzählt die aktuelle Einsichten-

Ausgabe: LMU-Forscherinnen und Forscher unterschiedlicher Disziplinen arbeiten sozusagen im Übergangsbereich zwischen Natürlichem und Künstlichem. Ihre Ergebnisse zeigen, wie sich Grenzen verschieben – und was wir damit gewinnen können.

Der Computerlinguist **Hinrich Schütze** lässt Künstliche Intelligenzen lernen, auch die große Vielfalt selten gesprochener Sprachen zu übersetzen. Der Informatiker **Albrecht Schmidt** lotet aus, wie digitale Techniken menschliche Fähigkeiten erweitern können. Die Kommunikationswissenschaftlerin **Claudia Riesmeyer** analysiert, wie sich Jugendliche im Netz zeigen oder auch inszenieren. Die Kristallographin **Elena Sturm** forscht an neuen Werkstoffen, die sich an Biomineralen aus der Natur orientieren. Die Geographin **Marianela Fader** und der Biologe **Dario Leister** schließlich diskutieren darüber, wie sich Kulturpflanzen an den Klimawandel anpassen – oder künstlich anpassen lassen.

Viel Spaß beim Lesen wünscht Ihre Einsichten-Redaktion

Inhalt



Ulaanbaatar: Die Landflucht führt an den Stadtrand



Schnittstelle: Klarer sehen mithilfe virtueller Welten

26

Aktuelles aus der Forschung

- 8 **Aus der Steppe in die Städte**
Mongolei: Was der soziale Wandel für die Umwelt heißt
- 15 **Wenn Erfolg den Selbstwert setzt**
Unterhaltung mit: Barbara Cludius über die Tücken des Perfektionismus
- 19 **Schwerpunkt:**
Echt jetzt – Natürlich, künstlich:
Die Grenzen verschwimmen
- 20 **Polyglotte Maschinen**
KI für die Kleinen: Algorithmen lernen, auch selten gesprochene Sprachen zu übersetzen.

- 26 **Der erweiterte Mensch**
Besseres Gedächtnis, schnellerer Verstand – digitale Techniken könnten künftig unsere Fähigkeiten ergänzen. Wie kann das gelingen?
- 31 **Auf der digitalen Bühne**
Schein und Sein: Wie Jugendliche sich im Netz darstellen und welchen Vorbildern sie dabei folgen
- 35 **Natur als Inspirationsquelle**
Neuartige nanostrukturierte Werkstoffe nach dem Vorbild des Lebendigen
- 38 **Im planetaren Stresstest**
Natur und Landwirtschaft in Zeiten des globalen Wandels: Wie gut lassen sich Pflanzen an veränderte Lebensräume anpassen?



Jugend im Netz: Blick auf Schein und Sein

31



Kulturerbestätten: Mit der Drohne über Jahrtausende

44

- 44 **„Wir machen Zeit sichtbar“**
Wie moderne Methoden der Fernerkundung das Kulturerbe aus Jahrtausenden präzise und detailreich freilegen und bewahren helfen
- 50 **Das Rauschen des Geldes**
Über den ultraschnellen Börsenhandel und das Geschäft mit den Millisekunden
- 54 **Wahlkämpfer in eigener Sache**
Interessante Mischung: Wenn Influencer nicht nur Lifestyle-Themen bedienen, sondern auch politische Botschaften absetzen
- 58 **Eine Einheit von Leben und Werk**
Ist Hannah Arendt eine „Denkerin der Stunde“? Eine neue Biografie gibt ein Bild davon, welchen Reiz ihre Bücher auch heute noch haben.

Rubriken

- 3 **Editorial**
- 12 **Meldungen**
- 14 **Der Dolmetscher**
Ferenc Krausz über „Attosekunden-Physik“
- 61 **Büchertisch**
- 62 **Die Zukunftsfrage**
Wie lassen sich unsere Schulen retten?
- 62 **Impressum**

Titelbild: Was ist da schon echt? Die Kunst des Kleinzüchtens, KI-generiert. Foto: Cornelia/Adobe Stock

Imitationswunder

Ursprung kulturellen Lernens:
Babys lernen, andere nachzumachen,
weil sie selbst von ihren Bezugspersonen
nachgeahmt werden.

Ohne darüber nachzudenken, lernt der Mensch laufend von anderen; soziales Lernen vermeidet mühsames Ausprobieren. Doch woher kommt diese Fähigkeit, die Grundlage für kulturelles Lernen und damit den evolutionären Erfolg der menschlichen Spezies ist? Eine Studie unter Leitung von Markus Paulus belegt, dass sie in der frühesten Kindheit wurzelt. „Kinder erwerben die Fähigkeit zur Imitation, weil sie selbst von ihren Bezugspersonen imitiert werden“, erklärt der Entwicklungspsychologe. Lange galt in der Psychologie die Theorie, dass sie angeboren sei.

Paulus' Team untersuchte über mehrere Monate die Interaktion zwischen Müttern und Babys im Alter von sechs bis 18 Monaten. Je feinfühlicher die Mutter mit ihrem sechs Monate alten Kind umging und je öfter sie es nachahmte, desto stärker war bei diesem ein Jahr später die Fähigkeit ausgeprägt, andere zu imitieren, erklärt Samuel Essler, Erstautor der Studie. Eltern gehen auf die Signale des Kindes ein, spiegeln und verstärken sie. „Über diese Erfahrungen verbindet sich das, was das Kind fühlt und tut, mit dem, was es sieht. Es bilden sich Assoziationen heraus. Das visuelle Erleben wird mit der eigenen motorischen Handlung verknüpft“, erläutert Paulus den neurokognitiven Prozess.

Die Studie zeigt zudem, was den Menschen als soziales Wesen ausmacht: Seine individuellen Fähigkeiten entwickeln sich erst durch die Interaktion mit anderen. Sie sind der besonderen Art zu verdanken, wie er seinen Nachwuchs aufzieht. „Kinder sind Imitationswunder. Das Nachahmen ebnet ihnen den Weg zu ihrer weiteren Entwicklung. Mit Imitation beginnt der kulturelle Prozess der Menschwerdung“, sagt Markus Paulus. „Indem Kinder Teil einer sozialen Interaktionskultur sind, in der sie imitiert werden, lernen sie von anderen zu lernen. Dieses Wechselspiel hat über Generationen und Jahrtausende zur kulturellen Evolution des Menschen geführt.“ Durch soziales Lernen müssten Handlungen oder bestimmte Techniken nicht immer wieder neu erfunden werden, sondern es gebe eine kulturelle Weitergabe von Wissen. „Unsere Ergebnisse zeigen, dass die Fähigkeit zur Imitation und damit zum kulturellen Lernen selbst ein Produkt kulturellen Lernens ist, insbesondere der Eltern-Kind-Interaktion“, sagt Paulus. *Current Biology*, 2023





Nachmachen vorgemacht: Imitieren zu können ebnet Kindern den Weg zu ihrer weiteren Entwicklung, sagt Entwicklungspsychologin Paulus.
Foto: Matej Kastelic/Picture Alliance/Zoonar



Aus der Steppe in die Städte

In der Mongolei vollzieht sich ein dramatischer sozialer Wandel. Viele nomadische Hirten zieht es in die Zentren. Was das jedoch für Umwelt und Ökosysteme bedeutet, untersucht Geograph Lukas Lehnert.

Von Dominic Anders

Die mongolische Steppenlandschaft ist das größte Grünland-Ökosystem weltweit und von enormer globaler Bedeutung. Dort leben neben den jüngst wieder ausgewilderten Przewalski-Pferden die letzten frei lebenden Gazellen Eurasiens. In Herden mit teilweise Tausenden von Tieren ziehen sie durch die Steppe. Allein aufgrund seiner Einzigartigkeit und Artenvielfalt ist dieses System besonders schützenswert. Darüber hinaus speichern die Graslandschaften der Mongolei immense Mengen an Treibhausgasen.

Doch die Mongolei und die Lebensweise ihrer Bevölkerung ändern sich. Wirtschaft und Infrastruktur des Landes sind seit einigen Jahrzehnten einem grundlegenden Wandel unterworfen. Was genau das wiederum für das Ökosystem Steppe bedeutet, will die Arbeitsgruppe von

LMU-Geograph Professor Lukas Lehnert herausfinden. Die Forschenden sind maßgeblich an einem groß angelegten Verbundprojekt mit verschiedenen Partnern aus Deutschland und vor Ort beteiligt.

Die Wirtschaft der Mongolei hängt stark von den Bodenschätzen des Landes ab. Ein Großteil des Bruttoinlandsprodukts wird durch Ölförderung sowie Kohle- und Kupferbergbau erwirtschaftet. Das bringt den Menschen einerseits Wohlstand, zerstört aber auch die Umwelt. Traditionell betreibt die mongolische Bevölkerung eine nomadische Form der Weidehaltung. Fernab von Großstädten und Bergbaugebieten ziehen nach wie vor viele Menschen mit ihren Schafen, Yaks, Rindern, Kamelen und Pferden durch die Landschaft.

Das Leben als nomadischer Hirte ist arbeitsintensiv und entbehrungsreich. Es gibt weder Sanitäreinrichtungen noch

Supermärkte. Die Menschen leben aber nicht mehr wie vor hundert Jahren: Statt mit dem Pferd treibt man seine Herde heute mit dem Motorrad vor sich her, die Jurten werden mit dem LKW von einer zur nächsten Weide gefahren. Mobile Solarpanels sorgen für Strom in den Jurten, Mobilfunknetz und Internetempfang sind immer stärker verbreitet. So erhalten die Hirten auch Einblick in das moderne Stadtleben. Viele Familien entscheiden sich, die Steppe hinter sich zu lassen und in eine der Städte zu ziehen, wo sie sich angenehmere Lebensbedingungen und ein höheres und geregelteres Einkommen versprechen. Infolge dieser massiven Landflucht sind die Hauptstadt Ulaanbaatar und die Provinzstädte bereits extrem gewachsen.

Der Alltag in der Großstadt steht im krassen Gegensatz zu dem in der Steppe. „Das Leben in den Städten ist im Prinzip



Endlose Weite: „Weil das Land so flach ist, kann man oft kilometerweit sehen und unterschätzt die Entfernungen“, sagt Lukas Lehnert. „Benachbarte Jurten erscheinen ganz nah, obwohl sie eigentlich mehrere Stunden zu Fuß entfernt sind.“
Foto: Thomas Trutschel/Picture Alliance/Photothek

wie bei uns“, sagt Lehnert. In der mongolischen Hauptstadt existiere allerdings etwas, das es so sonst nirgendwo auf der Welt gibt. „Ulaanbaatar ist zweigeteilt“. Auf der einen Seite gibt es eine Stadt, die vergleichbar ist mit modernen europäischen Großstädten. Im Norden von Ulaanbaatar jedoch ballen sich sogenannte Jurtenviertel. Dort finden sich, umgeben von Holzzäunen, kleine Parzellen, in jeder davon steht eine Jurte. Hierhin kommen die Familien aus der Steppe und lassen sich für die erste Zeit nieder. Sobald sie genug Geld angespart haben, bauen sie sich eine kleine Hütte dazu oder ziehen ins eigentliche Ulaanbaatar.

„Die Jurtenviertel sind weltweit einzigartig, man darf sie nicht mit einem Slum vergleichen, obwohl sie auf den ersten Blick vielleicht so aussehen“, erklärt Lehnert. Die Einkommensstruktur und die sozialen Verhältnisse seien ganz anders. Trotzdem bringen die Jurten-Siedlungen massive Probleme mit sich. Um in die Stadt zu gelangen, ist ein Auto oder ein Motorrad nötig, entsprechend dicht ist der Verkehr. Die Jurten werden in den eiskalten Wintern fast ausschließlich mit Kohle beheizt. Ulaanbaatar ist oft von einer undurchdringlichen Smogwolke überzogen. Man kann dann kaum 200 Meter weit sehen.

Viele Bewohner der Jurtenviertel wollen zunächst auch ihre Tiere nicht aufgeben, sie dienen als Rückversicherung oder Altersvorsorge. Oft schließt sich eine Großfamilie zusammen und eine Person übernimmt die Herden von vier oder fünf Familien, oder es wird jemand für das Managen der Tiere angestellt. Meist werden diese Großherden nicht allzu weit von den Städten gehalten, wo sich die Beweidung dann stark auf ein bestimmtes Gebiet konzentriert.

Gleise zerschneiden das Land in zwei Teile

Die traditionelle mongolische Landwirtschaft an sich ist kein Problem für die Umwelt. „Dieses Ökosystem wird natürlicherweise beweidet“, sagt Lehnert. Solange der Mensch das Land nicht zu stark übernutzt, könne die Weidewirtschaft durchaus nachhaltig sein. Zum Problem werde sie erst, wenn der Beweidungsdruck zu hoch wird. Seit dem Jahr 1990 führten Wirtschaftseinbrüche und die Privatisierung der Herden zu einem extremen Anstieg der Viehzahlen. Es gibt insgesamt also mehr Nutztiere, die weniger mobil

sind und sich um die bevorzugten Siedlungspunkte herum ballen.

Ein weiteres Problem ist die wachsende Infrastruktur, durch die die wilden Weidegänger in ihrer Mobilität eingeschränkt werden. Die Schienen der transmongolischen Eisenbahn verlaufen von der chinesischen Grenze im Süden bis zur russischen Grenze im Norden, zerschneiden also das Land in zwei Teile. Weil die Gleise komplett eingezäunt sind, können Herden diese künstliche Barriere nicht passieren. Hinzu kommt die zunehmende Erschließung der Bergbauregionen.

Wie akut und schwerwiegend die Veränderungen für das natürliche Gleichgewicht der Steppe sind, will das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Projekt „Mobilität im Wandel: Nachhaltige Entwicklung des Mongolischen Steppenökosystems (MoreStep)“ herausfinden; Lehnerts Team deckt dabei den Bereich Fernerkundung ab. Ziel ist es, flächenhafte Informationen über den Zustand und Veränderungen der Vegetation und Biomasse bereitzustellen. Stark vereinfacht gilt dabei die Regel: je mehr Beweidung, desto weniger Biomasse. In der Realität ist die Sache allerdings etwas komplexer. „Wir haben in der Mongolei



Land im Wandel: Im Norden von Ulaanbaatar entstanden in den vergangenen Jahren ausgedehnte Jurtenviertel. Viele Hirten ziehen mit ihren Familien in die großen Zentren. Auch außerhalb der Städte verändert sich das Leben der Nomaden. Statt mit dem Pferd treiben sie ihre Herde heute mit dem Motorrad vor sich her, mobile Solarpanels sorgen für Strom in den Jurten, das Mobilfunknetz wird flächendeckender. Wildtierherden stoßen immer öfter auf Hindernisse, etwa auf die komplett eingezäunten Gleise der transmongolischen Eisenbahn. Innerhalb des Zauns gedeiht eine hochgewachsene, intensiv grüne Vegetation, wie das Luftbild unten links zeigt.



einen großen Klimagradienten: Im Süden liegt die Wüste Gobi und im Norden geht die Steppe bereits teilweise in Wald über“, erklärt Lehnert, der mit seinem Team auch Drohnen und Satellitendaten einsetzt.

Anhand ihrer Messungen können die Forschenden Aussagen darüber treffen, wo die Biomasse über die Zeit zu- oder abnimmt, und im Idealfall herausfinden, woran das liegt. In den vergangenen Jahren konnten sie bereits zeigen, dass die Ursachen örtlich sehr unterschiedlich sind. „Teilweise haben wir in einem Tal eine große Biomasse und im Nachbartal eine relativ geringe, obwohl Herdengrößen und Klima eigentlich identisch sind“, beschreibt Lehnert. „Hier scheinen zusätzliche Faktoren eine Rolle zu spielen, die wir noch nicht fassen können.“ Ein heißer Kandidat: Steppenfeuer. Das Grasland der Mongolei brennt regelmäßig, jedoch wurde bisher kaum untersucht, wie sich das auf die Vegetation, Artzusammensetzung und Beweidungsqualität auswirkt.

Das politische Gewicht der Hirtenverbände

Obwohl sie für die Wildtiere eine große Barriere darstellt, ist die eingezäunte transmongolische Zugstrecke für Lehnerts Untersuchungen besonders interessant. „Entlang der gesamten transmongolischen Eisenbahn sieht man auf den ersten Blick, dass innerhalb des Zauns eine hochgewachsene, intensiv grüne Vegetation gedeiht, während es außerhalb sehr karg und gelb ist“, beschreibt der Geograph. „Das ist also ein gutes Modell für uns, um zu sehen, wie groß die Biomasse über den gesamten Klimagradienten von Nord nach Süd ganz ohne Beweidung wäre, im Vergleich zur intensiven landwirtschaftlichen Beweidung direkt

daneben.“ Daraus erhoffe man sich in den verbleibenden zwei Jahren des Projekts, die kleinräumigen Muster in der Biomasse besser zu verstehen.

Mit Vegetationsmodellierung simulieren die Forscher, was passieren würde, wenn es wärmer wird oder sich die Viehzahlen verändern. So können sie Bereiche identifizieren, die bereits stark degradiert oder sogar unwiederbringlich zerstört sind, und solche, in denen die Lage eher entspannt ist, wo also noch mehr beweidet werden könnte. „Wir entwickeln ein Informationssystem, das für Politik und Entscheidungsträger vor Ort einsehbar ist und ihnen dabei hilft, passende Maßnahmen zu ergreifen“, so Lehnert.

Auch den Hirten wollen sie die Informationen zur Verfügung stellen, in einer etwas vereinfachten Version für das Smartphone. Allerdings weiß Lehnert auch: „In vielerlei Hinsicht kennen die Hirten ihr Land besser als unsere Satelliten es tun. Dieses traditionelle Wissen ist wahnsinnig wertvoll und keinesfalls zu unterschätzen.“ Der Nomadismus funktioniere eher informell und sei daher nur schwer zentral zu regulieren, ohne zu sehr in die Freiheit der Menschen einzugreifen. Ein vielversprechender Ansatz sind sich selbst organisierende Hirtenverbände. Denn die Hirten, so betont Lehnert, haben selbstverständlich ein Interesse daran, dass ihre Weiden auch in Zukunft noch fruchtbar und nutzbar sind. „Der Status

des Hirten genießt in der Mongolei ein sehr hohes Ansehen. Entsprechend großes politisches Gewicht hat die Meinung der Hirten und der Hirtenverbände.“

Wie geht es also weiter in der Mongolei? Werden große Kohle- und Erdölkonzerne das Land unter sich aufteilen und es ausbeuten? Wird das Nomadentum über kurz oder lang aussterben? Lukas Lehnert glaubt, dass das nicht zwangsläufig der Fall sein muss. „Die Hirten sind stolz darauf, Hirten zu sein. Die meisten fühlen sich nicht arm, das Auskommen ist im Vergleich meistens auch gar nicht so schlecht.“ Die moderne Technologie ermöglichte es ihnen inzwischen, in der Abgeschiedenheit Kontakt zu Freunden, Nachbarn und Familie zu halten und ihr Leben komfortabler zu gestalten.

Insgesamt habe die Mongolei das Potenzial, sich in einer Art und Weise weiterzuentwickeln, die Fortschritt und Nachhaltigkeit miteinander vereine. „Im besten Fall entwickelt sie sich weiter als Demokratie, die es schafft, zwischen den mächtigen Nachbarn China und Russland zu existieren und weiterhin weitestgehend unabhängig zu wirtschaften und zu handeln. Ich glaube, die mongolische Gesellschaft ist in der Lage, eine nachhaltige Transformation durchzuführen.“

Prof. Dr. Lukas Lehnert
ist Professor für Physische Geographie und Umweltfernerkundung an der LMU.

»In vielerlei Hinsicht kennen die Hirten ihr Land besser, als unsere Satelliten es tun. Dieses traditionelle Wissen ist wahnsinnig wertvoll und keinesfalls zu unterschätzen.«



Strukturen, die sich selbst bauen

DNA-Origami plus klassische Lithographie ermöglichen organische 3D-Nanostrukturen

Die Natur beherrscht das Prinzip der Selbstorganisation, indem sie molekulare Kräfte und elektrostatische Anziehung nutzt. Wie von Geisterhand bilden sich 3D-Strukturen mit interessanter Funktion: licht-sammelnde Komplexe für die Photosynthese etwa. Dieses Prinzip der Selbstorganisation nutzt ein Team um Irina Martynenko und Tim Liedl, um Oberflächen auf Nanometer-Maßstab zu funktionalisieren. Dazu kombiniert es lithographische Verfahren mit DNA-Origami. Die Anwendungen reichen von Biosensoren bis zu Solarzellen. *Nature Nanotechnology* 2023



Paläogenomik: Wildkatzen und Hauskatzen meiden sich weitgehend Ein Team um LMU-Paläontologe Laurent Frantz und Greger Larson (Universität Oxford) hat mittels genetischer Analysen die Geschichte der Katzen in Europa untersucht. *Current Biology* 2023

Das Licht ferner Welten

Weltraumteleskop Euclid liefert erste wissenschaftliche Bilder

Euclid, das neueste Weltraumteleskop der ESA mit hoher deutscher Beteiligung, hat heute seine ersten Farbfotos aus dem Weltall veröffentlicht. Nie zuvor konnte ein Teleskop so scharfe astronomische Bilder über einen so großen Himmelsbereich anfertigen und gleichzeitig so tief ins entfernte Universum blicken. Die fünf Bilder zeigen Euclids volles Potenzial. Sie verdeutlichen, dass das Teleskop in der Lage ist, die umfangreichste 3D-Karte des Universums zu erstellen, um einige seiner dunklen Geheimnisse aufzudecken. Die deutschen Mitglieder des Euclid-Konsortiums, darunter die LMU, sind an vorderster Linie an den Forschungen beteiligt und steuern zentrale technische Komponenten und logistische Dienstleistungen bei.



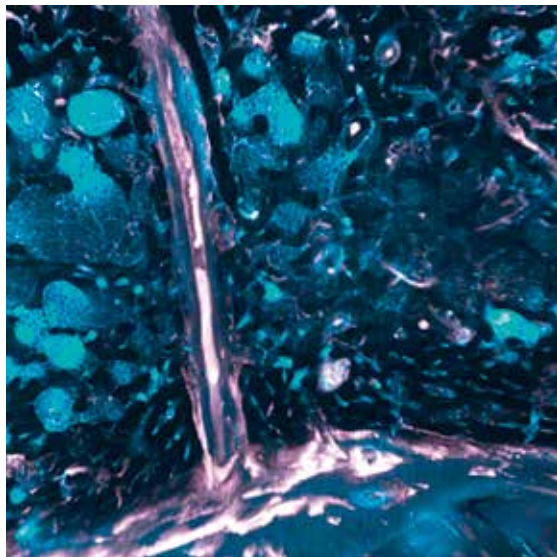
Panoramaaufnahme des
Pferdekopfnebels, der zum
Sternbild Orion gehört.

Nebelige Amazonastäler schützen vor Dürre

Geographen analysieren Widerstandsfähigkeit feuchter Lebensräume

In den Senken des Amazonastieflands tritt besonders häufig Nebel auf, der feuchtigkeitsabhängige Pflanzen vor der Austrocknung bewahren kann. Wenn die globale Erwärmung vermehrt zu Dürren führt, bieten diese nebligen Täler einen schützenswerten Rückzugsort für die Artenvielfalt am Amazonas. Dies hilft auch dabei, den Regenwald als Bollwerk gegen den Klimawandel zu erhalten. Zu dieser Schlussfolgerung kommt ein deutsch-belgisches Forschungskonsortium unter Leitung der Universität Marburg und der LMU.

„Bisher sind nur wenige Daten zu diesem schwer zugänglichen Lebensraum vorhanden“, erklärt LMU-Geograph Lukas Lehnert. „Unsere Studie beruht deshalb vor allem auf Satellitendaten.“ Tiefland-Nebelwälder seien über das ganze Amazonasgebiet verbreitet, doch nehme ihre Häufigkeit in der trockenen Jahreszeit ab. Am ehesten bleibe der Nebel in Landschaftssenken erhalten. „Auf Grundlage der Ergebnisse empfehlen wir dringend den Schutz dieser feuchten Rückzugsgebiete“, betonen die Autorinnen und Autoren. *Communications Earth & Environment*, 2023



Abwehr aus dem Schädelknochen

Neue Ansätze für Diagnose und Behandlung von Hirnerkrankungen

Millionen Menschen sind von Erkrankungen wie Alzheimer, Schlaganfall und Multiple Sklerose betroffen. Neuroinflammation ist ein gemeinsames Merkmal dieser Krankheiten. Die Überwachung dieser Entzündung ist schwierig, da das Gehirn durch Knochen und Membranen geschützt und daher schlecht zugänglich ist. Kürzlich wurden jedoch kleine Kanäle für die Bewegung von Immunzellen vom Knochenmark des Schädels zum Gehirn entdeckt. Ein Team um Demenzforscher Ali Ertürk hat nun festgestellt, dass diese sogar durch die äußerste und widerstandsfähigste Membranschicht verlaufen und Öffnungen näher an der Hirnoberfläche bilden als zuvor angenommen. Das Team fand zudem Zellen im Schädelknochen, die eine entscheidende Rolle bei der Immunabwehr spielen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Verbindung zwischen Schädel und Gehirn weitaus komplexer ist als bisher angenommen. „Dies eröffnet eine Vielzahl von Möglichkeiten zur Diagnose und Behandlung von Gehirnerkrankungen und hat das Potenzial, unser Verständnis von neurologischen Krankheiten zu revolutionieren“, meint Ertürk. *Cell* 2023

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

Ukraine-Krieg: Russlands Bot-Offensive

Bots verbreiteten zur Invasion gezielt pro-russische Propaganda

Als Russland im Februar 2022 die Ukraine überfiel, begann auch ein digitaler Informationskrieg. In einer groß angelegten Studie hat ein Team um KI-Experten Stefan Feuerriegel die Verbreitung pro-russischer Propaganda auf der Plattform X untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass Bots bei der Verbreitung und Vervielfältigung der Propaganda-Posts eine wesentliche Rolle spielen und bestimmte Länder gezielt adressieren. Bereits in früheren Konflikten nutzte Russland Social-Media-Kampagnen, um die öffentliche Meinung zu beeinflussen und die politische Polarisierung zu verstärken. „Hinweise, dass dies auch im Rahmen der Invasion der Ukraine der Fall ist, waren bisher weitgehend anekdotischer Natur“, sagt Feuerriegel. „Breit angelegte Studien fehlten bis dato. Diese Lücke haben wir nun geschlossen.“

Die Forschenden um Feuerriegel und Dominique Geißler analysierten 349.455 Twitter-Nachrichten mit pro-russischen Inhalten aus der Zeit zwischen Februar und Juli 2022. Sie konnten zeigen, dass Bots die Verbreitung pro-russischer Nachrichten massiv verstärkten. Insgesamt identifizierten die Forschenden rund 20 Prozent der Verbreiter solcher Nachrichten als Bots. Diese interagieren in stark vernetzten Retweet-Netzwerken und sorgen dafür, dass Inhalte verbreitet werden, die andernfalls nicht viral gehen würden. Besonders aktiv waren die Bots in Ländern, die sich bei der UN-Resolution ES-11/1 zum Ukraine-Krieg am 2. März 2022 der Stimme enthalten hatten. *EPJ Data Science*, 2023

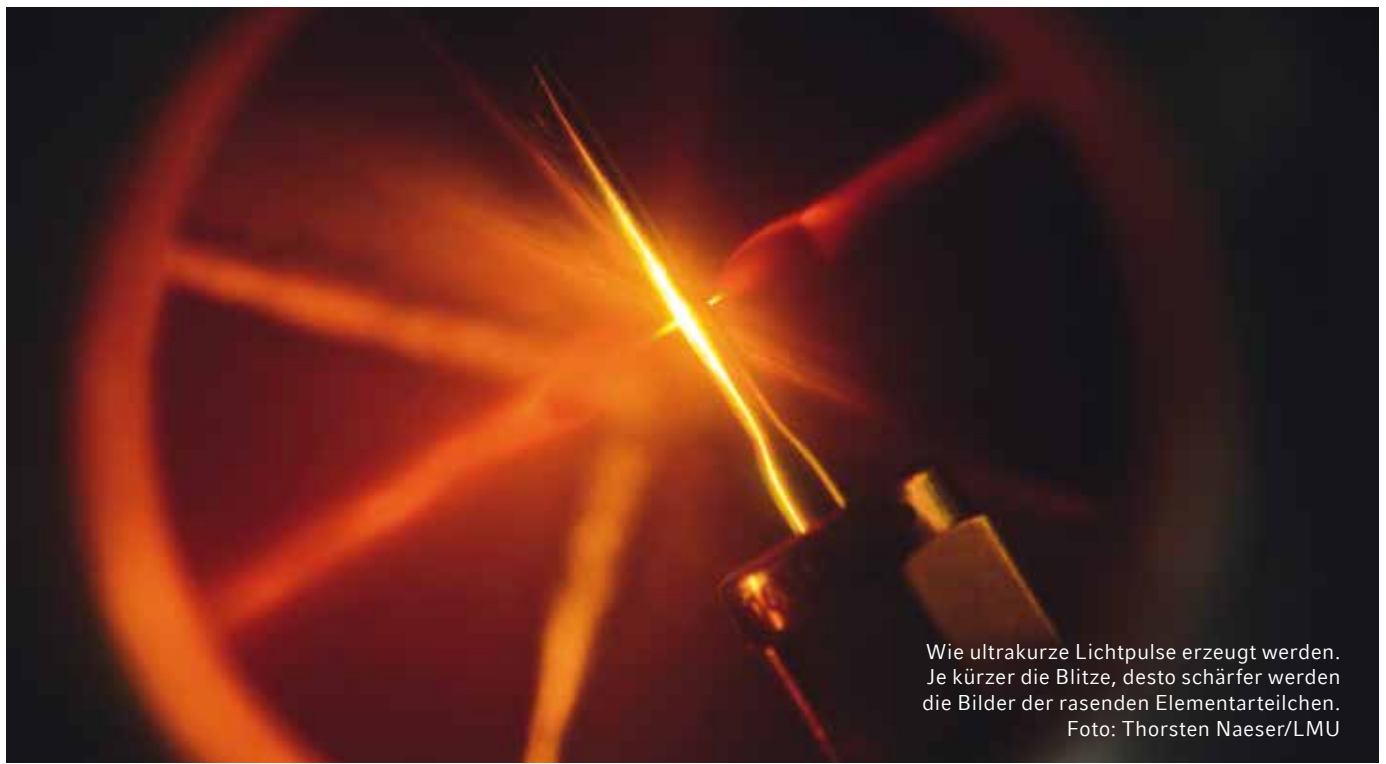
Die Zahl

84

Für Jäger-Sammler-Gemeinschaften aus Obermesopotamien waren Vögel zu Beginn der Jungsteinzeit eine wichtige Nahrungsquelle. Neben großen und kleinen Säugetieren bejagten die Menschen in Südostanatolien vor 11.000 Jahren auch das gesamte Spektrum an Vogelarten. Gejagt wurden sie vor allem, aber nicht ausschließlich, im

Herbst und Winter, wenn viele Zugvogelarten größere Schwärme bildeten und das Gebiet durchquerten. Die Artenlisten sind daher sehr umfangreich: In der berühmten Ausgrabungsstätte der frühsteinzeitlichen Siedlung und weltweit ältesten Tempelanlage Göbekli Tepe etwa, rund 18 km nordöstlich der heutigen südanatolischen Stadt Şanlıurfa gelegen, fanden die Forscherinnen und Forscher Überreste von 84 Vogelarten. Nadja Pöllath, Kuratorin an der Staatssammlung für Paläoanatomie und Domestikationsforscher Joris Peters identifizierten die jungsteinzeitlichen Vögel mit Hilfe moderner Vergleichsskelette aus der Referenzsammlung der Staatssammlung.

Archaeological and Anthropological Sciences 2023



Wie ultrakurze Lichtpulse erzeugt werden. Je kürzer die Blitze, desto schärfer werden die Bilder der rasenden Elementarteilchen.
Foto: Thorsten Naeser/LMU

Der Dolmetscher: Ferenc Krausz über Attosekunden-Physik

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.

„Der Flügelschlag einer Fliege dauert eine Ewigkeit, vergleicht man ihn mit den Zeitdimensionen, mit denen sich Attosekunden-Physiker beschäftigen. Sie erforschen die schnellsten Vorgänge, die in der Natur außerhalb des Atomkerns bekannt sind. Diese Prozesse dauern wenige Attosekunden, das sind Milliardstel einer milliardstel Sekunde, 10^{-18} Sekunden. Atto greift auf das dänische Wort *atten* zurück: 18.

In unserem attoworld-Team, das aus Wissenschaftlern der LMU und des Max-Planck-Instituts für Quantenoptik besteht, interessieren wir uns für das Verhalten von Elektronen in Atomen, aber auch für Moleküle und Festkörpersysteme. Trifft Licht auf Elektronen in Atomen, erhalten diese Energie und machen Sprünge, die rasend schnell ablaufen, innerhalb von zehn bis wenigen hundert Attosekunden.

Um diese Dynamik zu erkunden, muss die Messung ebenso schnell sein wie die

Elektronen. Das schaffte unser Team in den Anfangsjahren mit Lichtblitzen, die selbst nur wenige zehn Attosekunden dauerten. Sie zu erzeugen gelang uns erstmals im Jahr 2001. Später schossen wir zwei Lichtblitze auf Proben, der erste setzte die an Atomen gebundenen Elektronen in Bewegung, der zweite beeinflusste diese Bewegung. Und zwar so, dass wir die Vorgänge messen konnten, wir ‚fotografierten‘ die Elektronen in ihrer Bewegung. Je kürzer dabei die Lichtpulse sind, desto schärfer werden die Bilder der rasenden Elementarteilchen.

Heute brauchen wir keine Attosekunden-Lichtblitze mehr. Stattdessen basieren unsere Messungen darauf, dass jeder physikalische Prozess, der sich auf der Attosekunden-Skala abspielt und den wir exakt starten können, selbst die Rolle der Kamera mit einer Attosekunden-Verschchlusszeit übernehmen kann. Ohne Lichtblitze messen wir nun das oszillierende elektrische Feld einer Lichtwelle mit Attosekunden-Präzision.

Sowohl in der Natur als auch in der Technik spielen die Bewegungen von Elektronen eine fundamentale Rolle. Sie läuten chemische Reaktionen ein, binden Atome

zu Molekülen oder helfen bei der Informations- und Reizübertragung in Organismen. In Festkörpern bewegen sich Elektronen im Kristallgitter. Dadurch werden die Metalle und Halbleiter elektrisch leitfähig. Die Informationstechnologie nutzt Elektronen als Überträger von Daten. Kein Computerchip wird jemals schneller rechnen, als sich Elektronen bewegen.

Langfristig könnte es aber möglich werden über eine lichtgesteuerte Elektronik, die Informations- und Datenübertragung um den Faktor 100.000 im Vergleich zu heute zu beschleunigen. Diese Aussichten haben wesentlich dazu beigetragen, dass ich mit meinen Kollegen Pierre Agostini und Anne L’Huillier im Jahr 2023 mit dem Nobelpreis ausgezeichnet wurde. Das ist für mich die höchste Ehre. Meine Hoffnung ist, dass dies dazu beiträgt, junge Leute für dieses Forschungsgebiet zu interessieren.“

Protokoll: V. Yakovlev und T. Naeser

Prof. Dr. Ferenc Krausz

ist Inhaber des Lehrstuhls für Experimentalphysik – Laserphysik an der LMU und Direktor am Max-Planck-Institut für Quantenoptik in Garching. 2023 wurde ihm der Nobelpreis für Physik zugesprochen.

Wenn Erfolg den Selbstwert setzt

Wie viel gut machen ist nicht mehr gut? Barbara Cludius erforscht den Hang zum Perfektionismus. Sie untersucht, wie ein schädliches Gedankenkonstrukt mit verschiedenen psychischen Störungen zusammenhängt.

Die meisten von uns versuchen, ihre Sache so gut wie möglich zu machen. Wie perfekt dürfen wir sein, und wann sprechen wir von Perfektionismus?

Cludius: Wir diskutieren in der Psychologie schon ziemlich lang darüber, was positiver oder negativer Perfektionismus ist. Neuere Ansätze gehen davon aus: Perfektionismus ist nie gesund, also nie positiv. Es geht eher darum, ein Streben nach Exzellenz von Perfektionismus zu unterscheiden. Streben nach Exzellenz bedeutet, ich habe hohe Standards und versuche, die Dinge so gut wie möglich zu machen. Dem liegt ein positiver Ansporn zugrunde. Wenn ich dann erfolgreich bin, bin ich darauf stolz und freue mich. Bin ich dagegen perfektionistisch veranlagt, sind die selbst gestellten Maßstäbe wenig flexibel, extrem hoch und schwer zu erreichen. Zudem hängt mein Selbstwert davon ab, ob ich sie erreiche. Erfolg oder Misserfolg macht mich als Person aus. Und dann gibt es noch eine Form des Perfektionismus, bei der die Fehlervermeidung im Vordergrund steht. Ich habe kein positives Ziel, sondern versuche vor allem, keinen Fehler zu machen – verbunden mit großer Angst zu versagen.

Lässt sich Perfektionismus diagnostisch klar erfassen?

Cludius: Bei Perfektionismus gehen wir von fließenden Übergängen aus: Das heißt, letztlich bewegen sich alle irgendwo in einem Bereich zwischen gar nicht perfektionistisch veranlagt und extremem Perfektionismus. Wir gehen davon aus, dass vor allem sehr starker Perfektionismus zu

psychischen Störungen führen kann. Es gibt einen häufig genutzten Fragebogen, der verschiedene Aspekte von Perfektionismus erfasst, unter anderem die Angst vor dem Versagen. Im Rahmen klinischer Studien wurde hierfür ein Cut-off vorgeschlagen, also ein Punkt, an dem eine bestimmte Anzahl von Kriterien erfüllt ist. Aber es gibt keine klare Grenze, ab der man sagen kann, jetzt ist es pathologisch.

Es gibt Hinweise darauf, dass der Erziehungsstil der Eltern eine Rolle spielt

Woran merkt man dann, dass es kippt?

Cludius: Perfektionismus hat negative Folgen. Das ist der Punkt, an dem ich es selbst merken kann, oder eben mein Umfeld. Wenn ich zum Beispiel mit einer Aufgabe gar nicht erst anfangen vor lauter Angst, dass ich versagen könnte. Oder ich vermeide bestimmte Situationen, um mich nur ja nicht zu blamieren. Ich gehe also nicht zu einem Essen, weil ich mich bekleckern könnte. Oder ich gebe kein Interview, aus Angst, mich ungeschickt auszudrücken. Oder ich bemerke, dass meine Stimmung schlecht ist und ich so Sätze im Kopf habe wie ‚Das hab ich jetzt schon wieder nicht geschafft, ich bin ein Versager‘.

Es geht also um problematische Gedankenkonstrukte, die dem perfektionistischen Verhalten zugrunde liegen?

Cludius: Das steckt im Konzept, dass der Erfolg den Selbstwert bestimmt. Perfek-

tionismus ist ein kognitives Schema. Ob ich etwas gut oder schlecht mache, beziehe ich auf mich als Person. Und ich bin nur liebenswert, wenn ich Erfolg habe. Oder: Wenn ich in einer Sache keine absolute Leistung bringe, bin ich auf ganzer Linie ein Versager. Nehmen wir zum Beispiel unser Gespräch heute, zu dem ich fünf Minuten zu spät gekommen bin. Eine dysfunktionale Denkweise wäre, dass ich jetzt glaube, dass Sie mich im Gespräch nicht für voll nehmen können. Ich habe durch eine kleine Verspätung meine Kompetenz verspielt. Im Perfektionismus gibt es nicht diesen Graubereich, in dem ich mir sagen kann: Ich bin zu spät gekommen, und das ist ein Zeichen dafür, dass ich heute manche Dinge nicht so gut organisiert habe. Trotzdem kann ich jetzt im Gespräch zeigen, dass ich mich bei dem Thema gut auskenne.

Welche Rolle spielt die Gesellschaft? Letztlich gilt es ja als positiv, möglichst perfekt und leistungsorientiert zu sein.

Cludius: Soweit ich weiß, gibt es dazu keine Untersuchung. Wir haben im Zusammenhang mit einer anderen Fragestellung bei einer kleinen Gruppe Studierender im Fach Psychologie bewertet, wie stark ihre Tendenz zum Perfektionismus ausgeprägt ist. Da lagen fast 50 Prozent über dem Cut-off. Das ist eine sehr hohe Zahl.

Welche Risikofaktoren kennt man noch?

Cludius: Auch hier kann ich keine konkreten Befunde liefern, eher Theorien, die leider nicht gut untersucht sind. Grundsätzlich wissen wir, dass dem Risiko für



„Manche Menschen haben gar keine perfektionistischen Tendenzen, ein Großteil in einem gewissen Maße“, sagt Barbara Cludius. „Es ist sicher gut, da hinzuschauen, aber man muss deswegen nicht in Panik verfallen.“ Foto: Florian Generotzky

»Perfektionismus ist ein kognitives Schema. Ob ich etwas gut oder schlecht mache, beziehe ich auf mich als Person. Und ich bin nur liebenswert, wenn ich Erfolg habe.«

ein pathologisches Verhalten oder eine Störung immer eine genetische Komponente und eine Umweltkomponente zugrunde liegen. Bei der Genetik sind wir beim Perfektionismus ungefähr bei 30 Prozent – das ist nicht wahnsinnig viel. Der Rest geht auf Umwelteinflüsse zurück. Wir wissen, dass traumatische Erfahrungen wie Missbrauch das Risiko für viele Störungen und pathologische Verhaltensweisen erhöhen, so auch für Perfektionismus. Und es gibt Hinweise darauf, dass der Erziehungsstil beziehungsweise das, was die Eltern vorleben, eine Rolle spielt. So übernehmen Kinder häufig das perfektionistische Verhalten ihrer Eltern. Ein weiterer Risikofaktor ist, wenn Eltern sehr leistungsorientiert unterstützen, insbesondere wenn sie das Kind bei Fehlern bestrafen oder abkanzeln. Da spielt dann später vor allem die Fehlervermeidung eine Rolle.

Was passiert, wenn ich zur Geburtstagsfeier meines Kindes die Deko vergesse?

Perfektionismus steht im Zusammenhang mit bestimmten Störungsbildern. Bedingen sie sich gegenseitig?

Cludius: Manche Störungsbilder sind sehr eng mit Perfektionismus verbunden. Dazu zählen zum Beispiel Ess- und Zwangsstörungen. Dieses sehr Kontrollierte, das Streben danach, alles richtig zu machen und ein perfektes Bild nach außen abzugeben. Was zuerst da war oder ob sich beides gleichzeitig entwickelt hat, lässt sich daraus bisher nicht erklären. Bei der Depression gibt es Längsschnittstudien, die eher dafür sprechen, dass sich Perfektionismus und depressive Symptome gegenseitig bedingen. Im Gegensatz dazu haben wir selbst in einer Studie beobachtet, dass wir durch perfektionistisches Verhalten eine negative

Stimmung auslösen konnten, aber nicht umgekehrt, was eher Hinweise dafür liefert, dass Perfektionismus ein Risikofaktor für depressive Stimmung sein könnte. Dazu passend gibt es Hinweise darauf, dass Perfektionismus die Therapie bei Depression erschwert und eine erfolgreiche Therapie der depressiven Symptome nicht zu einer starken Reduktion von Perfektionismus führt. Wahrscheinlich lassen sich Perfektionismus und Symptome nicht ganz trennen: So könnte Perfektionismus ein Weg sein, mit dem erlebten Kontrollverlust durch eine depressive Symptomatik umzugehen. Und gleichzeitig hat Perfektionismus auch Folgen, die sich auf Angst und Depressionen auswirken und diese verstärken.

Perfektionismus wirkt sich also immer unterschiedlich aus ...

Cludius: Dazu machen wir gerade mehrere Studien. Wir wollen die Rolle des Perfektionismus als sogenannten transdiagnostischen Faktor besser verstehen, also als einen Faktor, der bei verschiedenen Störungen eine Rolle spielt. Wir stellen uns die Frage, wie Perfektionismus mit verschiedenen Störungen zusammenhängt und diese vielleicht auch verbindet. Zusätzlich stellen wir uns die Frage, wieso Personen ganz unterschiedliche Symptome entwickeln, obwohl sie alle perfektionistische Tendenzen haben. Man könnte ja vermuten, dass alle Personen, die perfektionistisch sind, die gleichen Probleme entwickeln. Allerdings erleben

die einen zum Beispiel Stimmungsver-schlechterung, die anderen überkontrolliertes Essverhalten oder Zwänge. Wir wollen wissen, welche zusätzlichen Faktoren darüber entscheiden, ob jemand beispielsweise eine Zwangs- oder eine Essstörung entwickelt – obwohl alle Personen eine höhere Tendenz haben, perfektionistisch zu sein.

Wahrscheinlich haben sich manche Leser im einen oder anderen Beispiel wiedererkannt. Ein Grund zur Beunruhigung?

Cludius: Wenn ich einzelne Verhaltensmuster an mir wiedererkenne, heißt das nicht, dass meine perfektionistischen Tendenzen problematisch sind und psychische Symptome hervorrufen können. Manche Menschen haben gar keine perfektionistischen Tendenzen, ein Großteil in einem gewissen Maße. Es ist sicher gut, da hinzuschauen, aber man muss deswegen nicht in Panik verfallen. Und es gibt Phasen im Leben, in denen eine höhere Kontrolle mehr Sicherheit gibt. Die wichtige Frage ist: Leide ich darunter? Denn wenn es mich nicht beeinträchtigt, dann ist es einfach so. Wir machen nicht immer nur Dinge, die emotional gut für uns sind. Aber vielleicht sind sie für den Moment die beste zur Verfügung stehende Lösung.

Wie entkommt man der Perfektionismus-falle, wenn tatsächlich Tendenzen da sind?

Cludius: Der erste Schritt ist, zu beobachten. Zum Beispiel: Wenn ich viel pro-

krastiniere, weil ich Angst vor dem Versagen habe, dann kann ich mich fragen, in welchen Situationen es kommt und mit welchen Gedanken und Gefühlen das verbunden ist. Der zweite Schritt – und da stellt sich die Frage, wie gut man das alleine kann – ist, das Konstrukt auseinanderzunehmen: Wenn ich mein Ziel nicht erreicht habe, bedeutet das dann, dass ich in allen Bereichen meines Lebens versage? In welchen bin ich dagegen gut oder erfolgreich? Im nächsten Schritt kann ich meine Gedanken im Rahmen von Verhaltensexperimenten auf die Probe stellen.

Wie?

Cludius: Wenn ich zum Beispiel prokrastiniere, könnte ich mir eine Deadline setzen und bis dahin muss mein Text fertig sein und ich gebe ab. Was passiert? Was krieg ich für eine Rückmeldung? Oder wenn ich die Tendenz habe, immer alles bis ins letzte Detail zu kontrollieren und zu optimieren, könnte ich in Situationen ausprobieren, was passiert, wenn ich das nicht tue. Also etwa: Was passiert, wenn ich für die Geburtstagsfeier meines Sohnes den Kuchen kaufe und keine Deko aufhänge? Und wie geht es mir emotional damit? Letztlich ist die Idee, den Selbstwert vom perfektionistischen Verhalten zu entkoppeln. Am Ende kann ich hoffentlich sagen: Manche Dinge schaffe ich eben nicht so, wie ich es mir vorstelle, aber ich bin gut so, wie ich bin.

Interview: Stefanie Reinberger

PD Dr. Barbara Cludius

ist Akademische Rätin auf Zeit am Lehrstuhl für Klinische Psychologie und Psychotherapie der Fakultät für Psychologie und Pädagogik der LMU und psychologische Psychotherapeutin. 2022 war Barbara Cludius Junior Researcher in Residence am Center for Advanced Studies (CAS) der LMU. Im Jahr 2023 wurde sie mit dem Prinzessin Therese von Bayern-Preis ausgezeichnet.



Ein wenig penibel, diese Ordnung: Ursus Wehrli stellt in seinen Büchern *Die Kunst aufzuräumen* aus. Fotos: © 2011 by Kein & Aber AG Zürich – Berlin

Der Schwerpunkt

Echt jetzt Natürlich, künstlich: Die Grenzen verschwimmen

Kaum eine Technologie hat uns in den vergangenen Jahren mehr fasziniert und zugleich verunsichert als die Künstliche Intelligenz. Angesichts von ChatGPT und Bildergeneratoren stellt sich die Frage: Welchen Bildern können wir trauen, welche Texte noch für bare Münzen nehmen? Dahinter steckt eine viel weiter reichende Frage: Verschwimmt die Grenze zwischen natürlich und künstlich immer mehr? Davon erzählt die aktuelle Einsichten-Ausgabe aus unterschiedlichen Perspektiven. In unserem Schwerpunkt begleiten wir LMU-Forscherinnen und Forscher, die im Übergangsbereich zwischen Natürlichem und Künstlichem arbeiten. Sie helfen etwa, menschliche Fähigkeiten zu erweitern, und haben dabei immer noch die Natur als Vorbild im Blick. Ihre Arbeiten zeigen, wie sich Grenzen verschieben – und was wir damit gewinnen können.

Polyglotte Maschinen

Wie Künstliche Intelligenz die Vielfalt der Sprachen kennenlernt: Hinrich Schütze, Computerlinguist an der LMU, forscht an Übersetzungssoftware, die auch mit kleinen Sprachen umgehen kann.

Von Bernd Graff

Mitte September 2023 kursierte ein Video in den Sozialen Netzwerken, das einen jungen Mann zeigt, der sich auf Twitter (X) „Jon Finger“ nennt.

Er berichtet auf Englisch von den Vorzügen einer neuen, durch Künstliche Intelligenz (KI, auch AI) gestützten automatischen Übersetzungssoftware, die angeblich jeden auf Video festgehaltenen Sprecher in nahezu jeder beliebigen Sprache mit seiner eigenen Stimme sprechen lassen kann: lippensynchron, unabhängig von der Position der Kamera und seines Gesichts, unabhängig von Lichtverhältnissen und Umgebungsgeräuschen. Ein Programm fürs Dolmetschen unter natürlichen Bedingungen, dem man nicht anmerken soll, dass eine Übersetzungssoftware für Bild (Mundbewegungen), Ton (Stimme) und (beliebige) Sprache verantwortlich zeichnet – und eben nicht ein polyglotter Sprecher.

Als Video besticht der Film in seiner legeren Unaufgeregtheit, ja Belanglosigkeit: kein optischer Hochglanz, kein geputzter CEO, kein arrangiertes Ambiente, kein Schnickschnack. Das Video bricht ab. Und beginnt sofort wieder. Diesmal spricht der junge Mann darin akzentfreies Französisch. Doch es ist, auf der Bildebene, dasselbe Video, in dem er gerade noch Englisch gesprochen hat. Wieder bricht das Video ab. Wieder beginnt es. Diesmal auf Deutsch. Man hört und sieht immer denselben Sprecher denselben

Text sprechen, wieder in anderer Sprache. Selbst wenn man genau hinschaut, sieht man keine „falschen“ Lippenbewegungen, man hört keine andere Stimme als die des Original-Sprechers. Jon Fingers Firma nennt sich „HeyGen“, sie wird mit dem Slogan beworben: „Keine Kamera? Keine Crew? Kein Problem!“

Doch. Das ist es.

Es braucht mehr. Automatische Übersetzung stellt immer noch eine technische Herausforderung dar, auch wenn sich die Anforderungen daran gründlich geändert haben. Die Verarbeitung natürlicher Sprache, das Natural Language Processing (NLP), bewirtschaftet ja einen Kreislauf: Menschliche gesprochene Sprache wird von einer Maschine akustisch erfasst, von ihr in Text verwandelt, die Textdaten werden semantisch verarbeitet, dann übersetzt und in eine andere gesprochene Sprache verwandelt. Die Umsetzung jedes einzelnen Teilschrittes in diesem Zirkel stand vor einem halben Jahrzehnt noch ganz am Anfang.

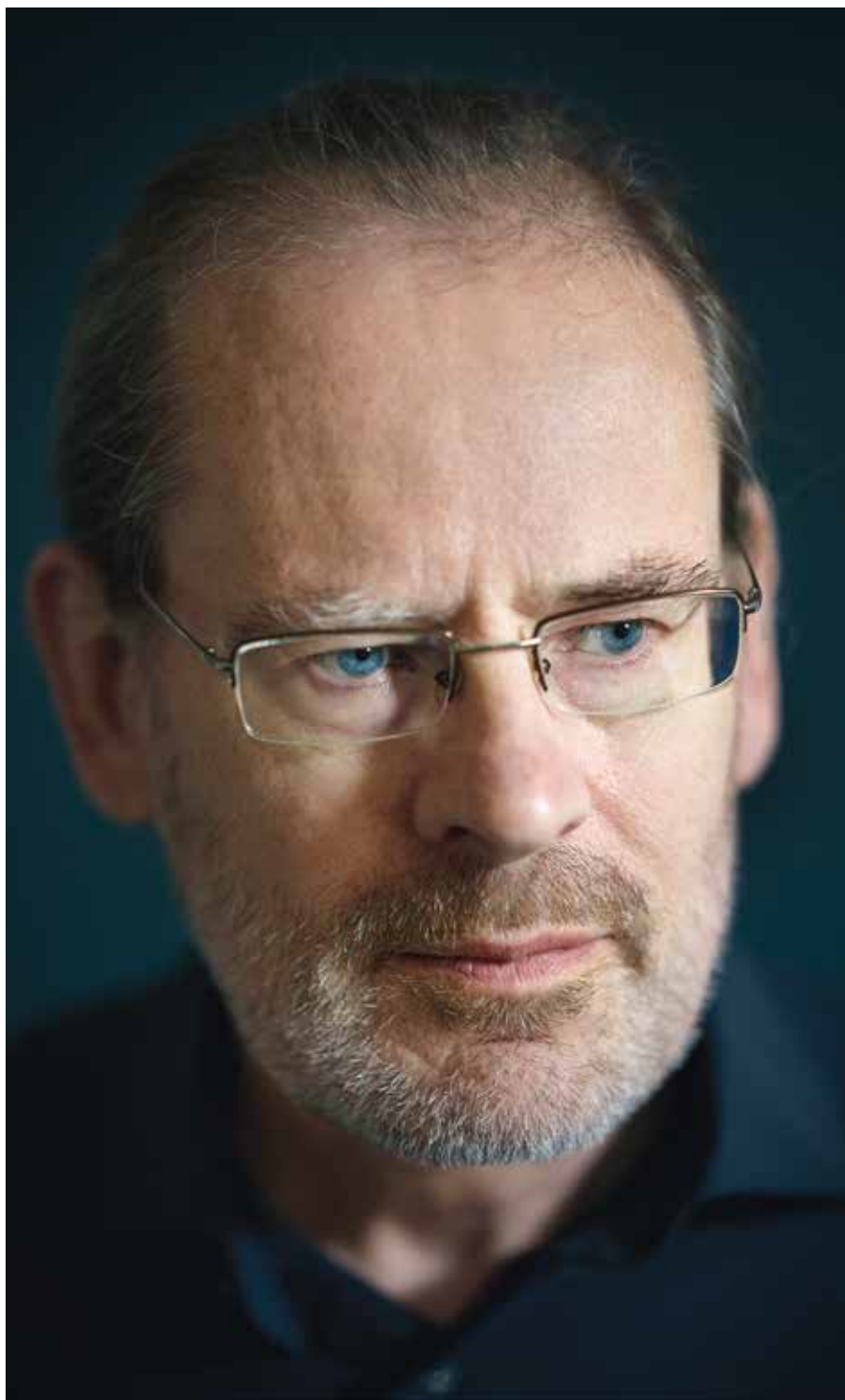
Wahrscheinlichkeiten von Laut-, Wort- und Satzfolgen erkennen

Die verblüffende Lösung für diese Probleme war dann: Man überspringt alle Teilschritte. Inzwischen verwenden Intelligenzen wie ChatGPT eine neuronale Netzwerkarchitektur und unüberwachtes

Lernen, um Übersetzungen zu generieren. Sie können ohne expliziten Regelsatz lernen. Dafür mussten die Maschinen mit Unmengen an Audio- und Textdaten aus natürlichen Sprachen trainiert werden, um die Wahrscheinlichkeiten von Laut-, Wort- und Satzfolgen, gesprochen wie geschrieben, darin erkennen zu können. Plausibel sind KI-generierte Texte also darum, weil diese Intelligenzen über einen riesigen Fundus an gesprochenen und geschriebenen Texten (aus Medien, Büchern, Podcasts und Blogs) verfügen, die in ihrem ursprünglichen Kontext bereits als logisch, funktional und verständlich gehandhabt worden waren.

Was aber, wenn die verfügbaren Textvolumina für solche Trainings gering sind? Bei natürlichen Sprachen etwa mit nur lokaler Verbreitung, bei denen die Menge an verfügbaren geschriebenen und gesprochenen Texten dann nur marginal ist?

Hier kommt Professor Hinrich Schütze ins Spiel, ein Computerlinguist am Center for Information and Language Processing der LMU. In seinem Forschungsgebiet, der maschinengestützten Sprachverarbeitung, geht es darum, natürliche Sprache in Form von Textdaten algorithmisch zu verarbeiten und zu erzeugen. Die Computerlinguistik steht an der Schnittstelle zwischen Sprachwissenschaft und Informatik, es gibt sie seit den frühen 1960er-Jahren. Zu Anfang beschränkte sich die maschinelle Verarbeitung von Sprache auf das Erfassen begrenzter Textkorpora und die Erhebung statisti-



Quantensprünge in der Sprachbehandlung: Computerlinguist Hinrich Schütze arbeitet an der Schnittstelle von Sprachwissenschaft und Informatik. Foto: Oliver Jung

scher Daten, etwa die Häufigkeit des Vorkommens und die Umfelder einzelner Wörter oder Sätze im Werk Goethes. Doch mit Konkordanzen, Wort- und Formstatistik allein gelangte man nicht an automatische Übersetzungen.

Das Internet und der Siegeszug des Maschinellen Lernens revolutionierten aber die Möglichkeiten des „Natural Language Understanding“ (NLU) und der „Natural Language Generation“ (NLG), des Verstehens und der Synthese von Sprache, auch für die Computerlinguistik. „Ich erlebe gerade die interessanteste Zeit in meinem Fach. Plötzlich haben sich Intelligenzen entwickelt, die niemand richtig erklären kann“, resümiert Schütze die Technikrevolution. „An Künstlicher Intelligenz wird schon seit Jahrzehnten geforscht. Doch alle spezifischen Algorithmen, alle seriellen Methoden, die etwa dazu führten, dass IBM das KI-Programm Watson bauen konnte, sind im Nachhinein nicht so wichtig gewesen“, so Schütze. „Skalierung war es: schiere Datenmengen und Computing Power und die daraus resultierende Größe der Modelle, so entstand Emergenz“, die den Intelligenzen also Eigenschaften neuer Qualität verlieh. „Sie ermöglichten Quantensprünge in der Sprachbehandlung. Wir sprechen schon einmal vom ‚God of Scale‘. Wir verstehen ihn zwar nicht, aber er lässt uns arbeiten.“

Zuvor tastete man sich schrittweise von der Text- oder Spracheingabe in Richtung Bedeutung vor. Computer segmentierten Buchstabenketten in Wörter und Sätze, Personalformen und Fallmarkierungen wurden analysiert, um die grammatische Information zu extrahieren und die Wörter auf Grundformen zurückzuführen. Dann wurden die Wörter auf ihre strukturelle Funktion im Satz hin untersucht (Subjekt, Prädikat, Objekt, Artikel et cetera). Schließlich wurden Sätzen Bedeutungen zugeordnet und die Beziehungen zwischen

»Ich erlebe gerade die interessanteste Zeit in meinem Fach. Plötzlich entwickelten sich Intelligenzen, die niemand richtig erklären kann.«

aufeinanderfolgenden Sätzen bestimmt. Dieses konsequente Verfahren blieb aufwendig, langwierig und fehlerbehaftet. Mit der Epiphanie des ‚God of Scale‘ wurde die Rückführung auf Syntax und Semantik für die Sprachverarbeitung von Maschinen nicht mehr für nötig befunden. „Der Algorithmus geht nun nicht mehr Schritt für Schritt durch den Input, sondern es wird alles zusammen verarbeitet, parallel. So wie man ein Bild wahrnimmt. Das funktioniert auch wesentlich schneller.“

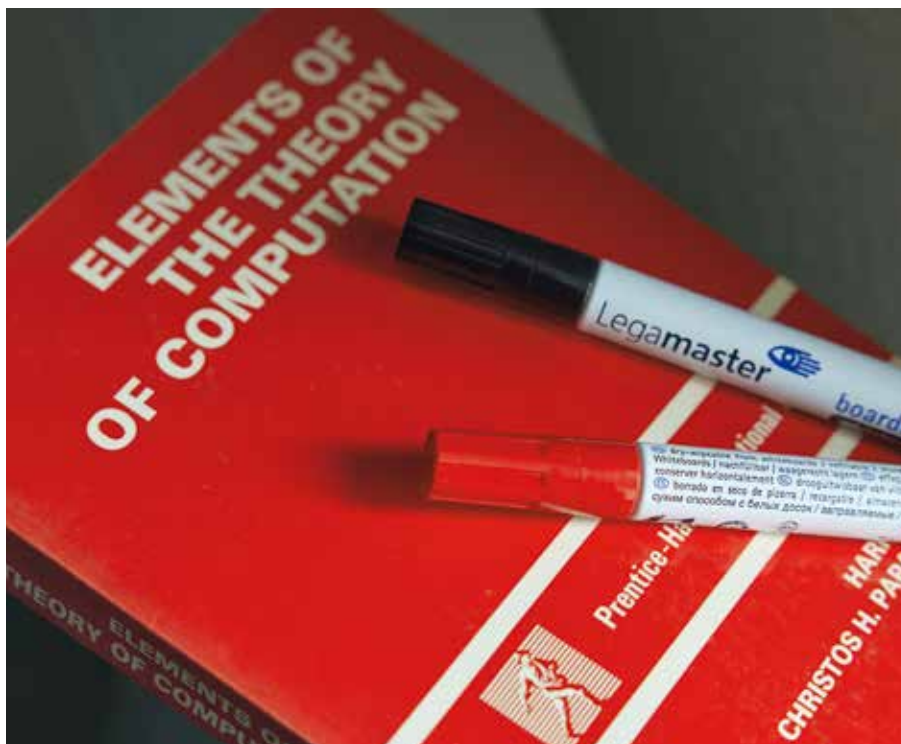
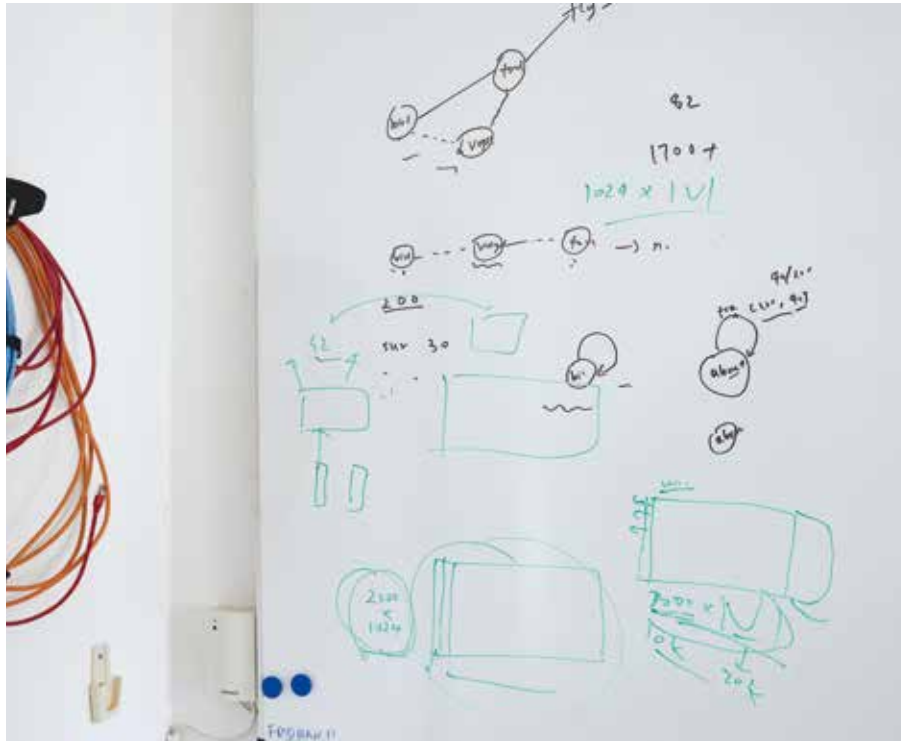
Dass KI mittlerweile mit Englisch, Französisch, Deutsch, Spanisch, Chinesisch und Russisch umgehen kann, bedeutet nicht, dass sie alle Sprachen der Welt gleichermaßen beherrscht. Hier setzen denn auch Schützes aktuelle Forschungsprojekte an. „Es gibt mehr als 7.000 Sprachen auf der Welt, die man 400 Sprachfamilien zuordnen kann. Nur für etwa 100 Sprachen stehen viele Ressourcen zur Verfügung. Für die meisten Sprachen gibt es nicht genug Trainingsdaten. Da kann man mit dem Sorbischen in Deutschland anfangen. Dann auch viele afrikanische Sprachen. Die Sprachen der Ureinwohner in Amerika, Sprachen in Südostasien und Australien, Ozeanien.“

Bislang ignorieren die Vorreiter der KI-Technologie, zumeist amerikanische Unternehmen, die an einer kommerziellen Nutzung der automatischen Sprachen-





Hinrich Schütze an seinem Institut:
„Ich bleibe davon überzeugt, dass wir
uns am Menschen orientieren sollten.“
Foto: Oliver Jung



Modelle für Maschinen: Computerlinguisten lassen eine KI lernen, wie eine Sprache funktioniert.
Fotos: Oliver Jung

verarbeitung interessiert sind, die „kleinen“ oder „Low-Resource“-Sprachen, da sie sich davon keinen Gewinn versprechen. Der Mangel an technischer Unterstützung für Minderheitensprachen, ja, die Ausblendung ganzer Sprachgemeinschaften, stellt virtuelle Barrieren auf und vergrößert den „Digital Divide“, die digitale Kluft. Schütze beginnt darum hier: mit dem Sammeln von Sprachdaten und der Kategorisierung von Verwandtschaften für diese kleinen Sprachen.

Bestehende Typologien ordnen Sprachen nach ihren geografischen Merkmalen (zum Beispiel dem Kontinent, auf dem die Sprache gesprochen wird), ihren phylogenetischen Merkmalen (genealogischen Beziehungen zwischen Sprachen) oder ihren strukturellen Merkmalen (Morphologie und Syntax). Schützes Ansatz kann mit KI jedoch über 1.000 Sprachen untersuchen, weil er sie mithilfe eines „superparallelen Datensatzes“, des Parallel Bible Corpus (PBC), miteinander vergleicht. Denn kein anderes Buch wurde in so viele Sprachen übersetzt wie die Bibel. Angefangen bei der Septuaginta im Jahr 250 vor Christus, ist die Heilige Schrift bis heute das Objekt der intensivsten Übersetzungsaktivität weltweit.

Mittlerweile steht eine große Anzahl von Bibelübersetzungen in elektronischer Form zur Verfügung, was Schütze ermöglicht, viele verschiedene Sprachen parallel zu analysieren. „Wir arbeiten gleichzeitig an mehreren Sprachen“, sagt Schütze, „mal am Wallonischen, mal an einer afrikanischen, mal an einer ozeanischen Sprache. Es ist nicht so, dass wir uns auf eine Sprache konzentrieren, die abhaken, dann kommt die nächste. Wir arbeiten parallel an allen.“

Seine Methode der „Conceptualization“ versucht zuerst, in dem gigantischen Korpus Ähnlichkeiten und Unterschiede

»Explizites Memory ist ein entscheidendes Merkmal von Intelligenz. Es gibt nur eine Instanz von echter Intelligenz, das ist der Mensch.«

zu finden, etwa wie Sprachen die Welt in Konzepte aufteilen und was sie damit verknüpfen. Zum Beispiel verbinden Chinesisch, Japanisch und Koreanisch alle das Konzept „Mund“ mit „Eingang“ aufgrund des Einflusses des chinesischen Schriftzeichens. Diese Verknüpfung fehlt dagegen in europäischen Sprachen, was darauf hinweist, dass die drei ostasiatischen Sprachen eine ähnliche Konzeptualisierung ihrer Sprachwelt teilen, die sich von europäischen Sprachen deutlich unterscheidet. Die konzeptionelle Ähnlichkeit ergänzt herkömmliche Verfahren, die auf lexikalischen und typologischen Ähnlichkeiten basieren.

Wie aber kommt der Forscher an neue Sprachdaten, wenn sie kaum verfügbar sind? „Eine Möglichkeit ist“, so Schütze, „dass man alles crawlt, was es in dieser Sprache im Web gibt. Das ist zuerst nicht einfach, die Klassifikation bleibt schwierig. Doch nach und nach erarbeitet man sich ein Korpus und kann eine KI damit trainieren. Wir lassen das trainierte System dann etwa erklären, worum es in einem Satz geht, dessen Inhalt wir zwar kennen, der sich aber nicht in den Trainingsdaten der KI befunden hat. Wenn das Modell korrekt antwortet, dann zeigt das, dass es etwas über die Sprache gelernt hat. Die Evaluation der KI-Fähigkeiten erfolgt über die großen Textkorpora, in denen wir ja Sätze haben, die bereits übersetzt sind. Doch neben der Datenknappheit für kleinere Sprachen bleibt das Hauptproblem einer Arbeit mit KI das Auftreten von Halluzinationen.“

Das mit Datenmassen bestückte KI-Modell, so Schütze, verfüge nicht über ein „explizites Gedächtnis“. Es probiert sinnvolle Wahrscheinlichkeiten in einer Sprache aus. Intelligentes Sprechen aber setzt ein Gedächtnis voraus, um Wahrscheinlichkeiten von Fakten zu unterscheiden. Die KI dagegen improvisiert jedoch Wis-

sen, auch dann, wenn sie nicht über Fakten verfügt. So kommt es zu Halluzinationen, syntaktisch korrekten, aber rein erfundenen Antworten, etwa einer Quelle zu einem – vermeintlichen – Zitat, die es gar nicht gibt. Schützes Team arbeitet darum daran, den Künstlichen Intelligenzen Gedächtnis mitzugeben und sie auf Faktenwissen zu trainieren. Damit sie neben dem impliziten Wissen, wie eine Sprache funktioniert, auch ein explizites Wissen darüber aufbauen können, was stimmt, um bloß gut klingende Antworten von faktenbasierten zu unterscheiden und Letztere zu bevorzugen.

Die Aufrüstung der Sprachmodelle mit einem „Controller“

Vor diesen Problemen stehen gegenwärtig noch alle Sprachverarbeitungsmodelle, auch ChatGPT: Ohne nachführende Kooperation mit dem Menschen, die „Human-Centric NLP“, und eine starke Verknüpfung mit Wissensdatenbanken mangelt es den Intelligenzen an sachlicher Korrektheit. Es resultieren Bias und Halluzinationen, in denen die KI-Modelle Antworten generieren, die nicht sinnvoll, unlogisch oder nicht relevant sind. Im ersten Schritt etwa könnte ChatGPT dazu gebracht werden, Quellenangaben für seine Antworten mitzuliefern, die heute noch fehlen. Schütze arbeitet darum an einer Aufrüstung der Sprachmodelle mit einem „Controller“, einem „Working Memory“,

das das Speichern von Information wie den Abruf von Wissen veranlasst.

Doch wann soll die Maschine etwas im expliziten Memory speichern und wann soll sie es abrufen? „Das ist immer noch ein Riesenproblem“, so Schütze. „Explizites Memory ist jedoch ein entscheidendes Merkmal von Intelligenz. Es gibt nur eine Instanz von echter Intelligenz, das ist der Mensch. Daran sollten wir uns für Künstliche Intelligenz orientieren“, führt Schütze aus. „Es gibt jedoch auch die Auffassung, dass das gar nicht nötig sei. Flugzeuge schlagen nicht wie Vögel mit den Flügeln und fliegen trotzdem. Genauso könnte es ja bei der KI sein, dass die Maschine intelligent ist, aber eben ganz anders funktioniert. Doch bleibe ich davon überzeugt, dass wir uns am Menschen orientieren sollten. Weil unsere Intelligenz nur mit Gedächtnis funktioniert.“

Prof. Dr. Hinrich Schütze

ist Inhaber des Lehrstuhls für Computerlinguistik und Co-Direktor des Centrums für Informations- und Sprachverarbeitung (CIS) an der LMU. Schütze, Jahrgang 1964, studierte Informatik in Braunschweig und Stuttgart; seinen Ph.D. machte er an der Stanford University. Anschließend arbeitete er am Xerox Palo Alto Research Center und als Gründer und Führungskraft bei Suchmaschinen- sowie Textminingunternehmen im Silicon Valley. Schütze war Inhaber des Lehrstuhls für Theoretische Computerlinguistik an der Universität Stuttgart, bevor er 2013 an die LMU berufen wurde. Er ist Fellow der Association for Computational Linguistics, des European Laboratory for Learning and Intelligent Systems und von hessian.AI. 2018 bekam er einen ERC Advanced Grant.

Der erweiterte Mensch

Besseres Gedächtnis, schnellerer Verstand – digitale Techniken könnten künftig unsere Fähigkeiten ergänzen. Der LMU-Informatiker Albrecht Schmidt erforscht, wie die Kooperation mit der Maschine am besten gelingt.

Von Janosch Deeg

Es wäre einmal ein schöner Praxistest: eine Woche ohne Smartphone, zurückgebeamt in eine vordigitale Zeit. Er würde uns schnell zeigen, wo das Leben heute spielt. „Ein Großteil unserer Realität, die wir wahrnehmen, ist durch Medien vermittelt“, stellt Albrecht Schmidt klar. Und damit meint der Informatikprofessor an der LMU natürlich nicht nur den Zugang zu den klassischen Nachrichten, die um die Welt gehen. Und längst nicht nur die Frage der Erreichbarkeit per Telefon, Mail oder Messenger-Dienst. Ihm geht es vielmehr um die vielen kleinen elektronischen Hilfen, all die Hard- und Software, die unseren Alltag mittlerweile bereichert oder beherrscht, ganz wie man es sehen will. Um all die Technik und Maschinenlogik, die unsere Realitätssicht und unsere Weltwahrnehmung prägen. Mithilfe von Navigationssystemen erreichen wir zügiger und stressfreier unser Ziel, per Smartphone-App bezahlen wir nebenbei eine Rechnung oder lösen einen Fahrschein. Siri antwortet uns noch auf die ausgefallenste Frage, ChatGPT hilft uns, Texte zu schreiben oder Konzepte zu erstellen. Und folgt man Schmidt, ist das erst der Anfang. Da geht noch was.

Der Informatiker leitet die Forschungsgruppe „Human-Centered Ubiquitous Media“. Sie untersucht, wie der Mensch mit den allgegenwärtigen Medien und digitalen Techniken umgeht – und wie man diese Interaktion in Zukunft noch verbessern kann. Die übergeordnete Frage sei-

ner Forschung formuliert er so: „Wie lassen sich die menschlichen Fähigkeiten durch die digitalen Technologien erweitern?“ Wie lässt sich etwa die Konzentration verbessern, wie lässt sich schneller denken, nachhaltiger erinnern. Wie weit kann die Anverwandlung der Technik an die menschliche Natur reichen, an die Möglichkeiten und Begrenztheiten der Nutzer?

Die natürliche Art, sich in der virtuellen Welt zu bewegen

Nüchtern gesprochen geht es um die Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine – klassischerweise also um Nutzeroberflächen der Software, sei es auf dem Smartphone, dem Laptop oder in Virtual-Reality-Brillen. Sie sollte so gestaltet sein, dass „die Bedienung einfach und intuitiv ist“, sagt Schmidt. Nur so sei gewährleistet, dass „wir Dinge schneller und besser erledigen können“. Wohl jeder hat aber schon einmal die Erfahrung gemacht, dass uns die digitalen Helfer mehr verwirren, als dass sie uns unterstützen. Mal verlieren wir uns in der Banking-App im Gespräch mit dem Chatbot, mal irritiert uns das fahrzeugeigene Bordsystem. Für den Experten ist das nicht überraschend: „Dass etwas einfach zu bedienen ist, ist nicht selbstverständlich.“

Um die Anforderungen für eine optimale Bedienbarkeit zu identifizieren, entwirft

das Forschungsteam um Schmidt zunächst verschiedene Versionen eines Werkzeugs oder einer Anwendung. Das kann die Bedienungsoberfläche einer Software sein, zum Beispiel eines KI-Chatbots wie ChatGPT, der eigenständig Texte verfassen kann. Es kann aber auch die Anpassung einer Hardware sein, also zum Beispiel einer Virtual-Reality-Brille oder eines Hightech-Handschuhs, der taktile Gefühle vermittelt.

Dabei gehen Schmidt und sein Team verschiedenen Fragen auf den Grund: „Wie kann ich durch das Design des Interface die Effizienz erhöhen? Was ist eine natürliche Art, sich in einer dreidimensionalen virtuellen Welt zu bewegen? Welche Art von Darstellung der eigenen Person ist dort für welche Anwendung am sinnvollsten? Wie kann eine künstliche Berührung möglichst realitätsnahe sensorische Gefühle erzeugen?

Probandinnen und Probanden testen die Technik dann entweder im Labor oder am eigenen Rechner. Dabei werden bestimmte Parameter gemessen, wie schnell die Teilnehmer etwa bestimmte Aufgaben erledigen, über den Puls wie aufgeregt sie sind oder wie oft sie Fehler während der Bedienung machen. Mit Fragebögen wird zusätzlich ihr „Nutzererlebnis“ bewertet. Diese Informationen zeigen den Forschenden, wie die Schnittstellen am besten konzipiert sein müssen. Im Idealfall kristallisieren sich am Ende allgemeine Prinzipien heraus, die eine gute Schnittstelle ausmachen.



Durchblick bewahren: Beim Bedienen digitaler Hilfsmittel spielen neben einer einfachen und intuitiven Steuerung auch Aspekte wie Schnelligkeit, Effektivität oder Spaß eine zentrale Rolle, sagt Albrecht Schmidt. Foto: Fabian Helmich

Die da wären? „Neben einer einfachen und intuitiven Steuerung spielen auch Aspekte wie Schnelligkeit, Effektivität oder Spaß beim Bedienen eine zentrale Rolle“, erklärt Schmidt. Ein Beispiel: Ein Programm zum Erlernen von Fremdsprachen soll natürlich rasch zu möglichst großen Lerneffekten führen. Eine Grundvoraussetzung dafür ist, dass die Anwendung einfach zu bedienen ist und Freude bereitet. Sonst lässt man die Sache schnell wieder sein. Hier gilt es, die Softwareoberfläche attraktiv zu gestalten und an die kognitiven Fähigkeiten des Menschen anzupassen: „Das funktioniert

zum Beispiel über Auswahl der Inhalte, die Farbwahl, die Schriftgrößen und bestimmte Anordnungen und Formen.“

Und es dürfen nicht zu viele Informationen auf einmal präsentiert werden: „Je weniger wir uns dabei merken müssen, desto einfacher ist die Bedienung.“ Außerdem ist es wesentlich einfacher, Informationen zu verarbeiten und zu behalten, die eine bekannte Struktur aufweisen. Die Navigation sollte außerdem nachvollziehbar und rasch zu verstehen sein. Das wird etwa durch einen wenig verschachtelten Aufbau gewährleistet. Darüber hi-

naus gilt es, dem Nutzer stets die Kontrolle über die Anwendung zu lassen und obendrein noch datenschutzrechtliche Vorgaben einzuhalten. „In der Regel muss man einen Kompromiss zwischen diesen verschiedenen Anforderungen finden“, erklärt Schmidt.

Die fortschreitende Digitalisierung müsse außerdem so gestaltet sein, dass die neuen Techniken „für jeden zugänglich, verständlich und anwendbar sind“, fordert Schmidt daher. Niemand in der Gesellschaft dürfe ausgegrenzt oder abgehängt werden, auch wenn er digital noch

»Natürlich müssen wir als Gesellschaft darüber entscheiden, was Technologien dürfen und was nicht. Um die Grenzen sinnvoll festzulegen, braucht es aber eine informierte Öffentlichkeit.«

so unerfahren ist. Manche Funktionen einer digitalen Anwendung könnten dann zum Beispiel optional sein, für die Fortgeschrittenen eher komplexer in der Bedienung. Bewusst für alle Menschen und insbesondere auch für Menschen mit Einschränkungen Bedienkonzepte zu erforschen, ist dabei wichtig.

Speichern oder vergessen im „Erinnerungs-Feedback“?

Die Techniken könnten künftig auch gezielt bei bestimmten Tätigkeiten im Beruf unterstützen. Früh schon entwickelte Albrecht Schmidt mit seinem damaligen Team an der Universität Stuttgart etwa ein kamerabasiertes Sensorsystem, das bei Montagearbeiten helfen kann. Dazu zeichnet eine Kamera hinter dem Arbeitsplatz die Bewegungen des Menschen auf. Je nach Arbeitsschritt werden dem Mitarbeiter dann Montageanleitungen auf die Arbeitsfläche projiziert. Das System erkennt Fehler in der Auswahl oder der Montage von Bauteilen und gibt sofort Feedback und hilft dem Menschen so, Fehler zu vermeiden.

Eine echte Steigerung einer kognitiven Fähigkeit wollen Forscher wie Schmidt in

Zukunft mit sogenannten Life-Logging-Techniken erreichen. Die LMU-Informatiker waren maßgeblich an EU-Projekten beteiligt, die erforschen, wie sich unser Gedächtnis verbessern lässt. Dazu werden automatisch viele Aspekte unseres Alltags etwa mit der Kamera und dem Mikrofon des persönlichen Smartphones aufgezeichnet. Anschließend soll ein „Erinnerungs-Feedback“ – etwa durch Bildschirme in der Umgebung und auf mobilen Geräten – das Erfassen und Speichern, aber auch das Vergessen von Gedächtnisinhalten unterstützen. „Solche Experimente können auch dazu dienen, das grundlegende Verständnis des menschlichen Gedächtnisses zu erweitern“, sagt Schmidt.

Während heutzutage viele solcher Techniken noch eher rudimentär daherkommen und ihre Anwendung manch einer womöglich sogar als störend empfindet, ist es ein Ziel der Entwicklungsarbeiten, dass sie uns in Zukunft mehr oder weniger unbemerkt begleiten. Informatiker in den USA haben schon in den 1990er-Jahren den Begriff der „Unsichtbarkeit“ dafür geprägt. Sie stellen sich Computertechnologien vor, derer sich der Nutzer nicht bewusst ist – ähnlich wie eine herkömmliche Brille, die die Sehstärke korrigiert und sonst im Alltag gar nicht mehr auffällt. Sie argumentieren, dass eine



Im Labor: Die fortschreitende Digitalisierung müsse so gestaltet sein, dass die neuen Techniken „für jeden zugänglich, verständlich und anwendbar sind“, fordert Schmidt. Foto: Fabian Helmich



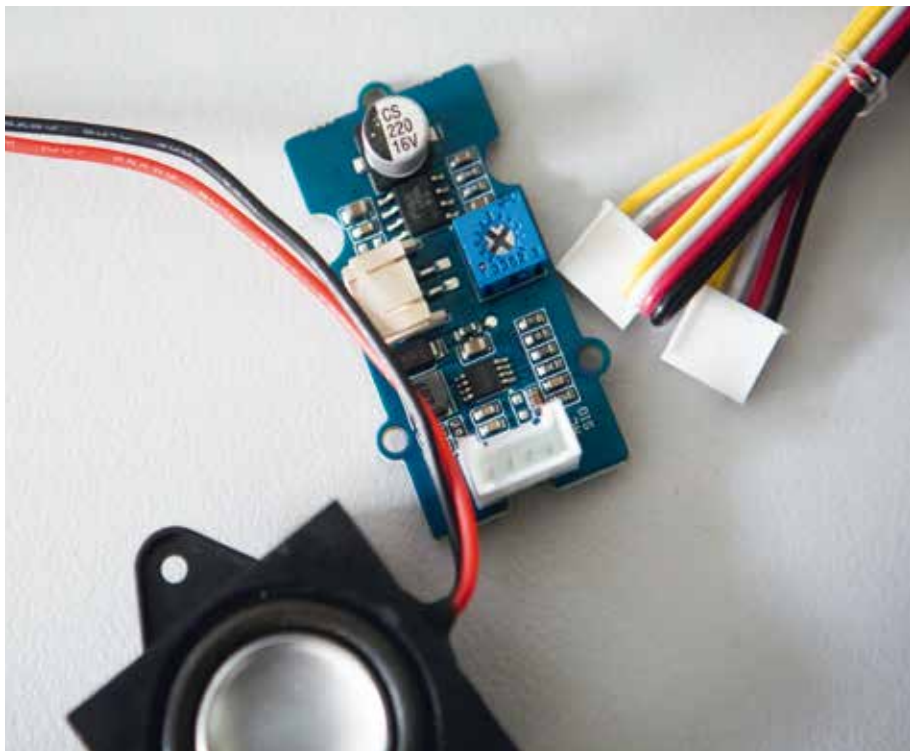
Technik dann am effektivsten ist, wenn der Nutzer sie nicht wahrnimmt. Schmidt teilt diese Meinung.

Aber besteht darin nicht eine Gefahr? Ist der Nutzer am Ende vielleicht nur noch fremdbestimmt und -gesteuert und merkt es nicht einmal? „Natürlich müssen wir als Gesellschaft darüber entscheiden, was Technologien dürfen und was nicht“, findet Schmidt. Der Informatiker ist aber davon überzeugt, dass sich vieles technisch problemlos umsetzen ließe. „Um die Grenzen sinnvoll festzulegen, braucht es aber eine informierte Gesellschaft.“ Schmidt plädiert daher für eine umfangreiche Aufklärung der Öffentlichkeit.

Von Verboten jedenfalls hält er nichts, ebenso wenig von einem Moratorium, wie es Tech-Größen unlängst gefordert haben. Eine solche Idee findet er „fast schon bizarr“. Vor einer übermächtigen KI fürchtet Informatiker Schmidt sich nicht; überhaupt kann er einen Vergleich einzelner menschlicher Fähigkeiten mit denen von Computersystemen nichts abgewinnen: „Wir vergleichen ja auch nicht die Leistung eines Marathonläufers mit der eines Flugzeugs.“ Wichtig ist ihm vielmehr eines: „Egal, was wir entwickeln: Der Mensch muss immer im Mittelpunkt bleiben.“

Prof. Dr. Albrecht Schmidt

ist Professor für Informatik und Inhaber des Lehrstuhls für Human-Centered Ubiquitous Media an der LMU. Schmidt, Jahrgang 1970, machte seinen Master in Computing an der Manchester Metropolitan University, UK, und sein Informatik-Diplom an der Universität Ulm. Promoviert wurde er an der Lancaster University in Großbritannien. Nach seiner Zeit als Post-doc an der LMU war er Professor an den Universitäten Bonn und Duisburg-Essen, bevor er als Professor für Mensch-Computer-Interaktion und Kognitive Systeme an die Universität Stuttgart ging. 2017 wurde Schmidt an die LMU berufen.



Blick in die Bastelstube: Schmidts Arbeit besteht auch aus Tüfteln und der Suche nach einfach machbaren Lösungen. Foto: Fabian Helmich

Auf der digitalen Bühne

Schein und Sein: Die Kommunikationswissenschaftlerin Claudia Riesmeyer erforscht, wie Jugendliche sich im Netz darstellen und welchen Regeln und Vorbildern sie dabei folgen.

Von Jan Schwenkenbecher

Auf Social Media trägt der Schein. Wer sich selbst darstellt – auf Instagram, Snapchat, TikTok oder Facebook –, der tut das stets etwas besser, als es die reale Welt hergibt. Die Fotos sind ein bisschen hübscher als das echte Abbild, die Erlebnisse etwas aufregender, die Fertigkeiten etwas ausgeprägter. Vor allem Jugendliche tun das. So zumindest lautet die landläufige Annahme. Doch stimmt sie überhaupt? Und ist es vielleicht gar nicht sinnvoll, sich selbst in ein übertrieben helles Licht zu rücken?

Klar ist: Social Media spielt im Alltag heutiger Heranwachsender eine zentrale Rolle. Laut einer Studie der DAK-Krankenkasse verbringen Jugendliche zwischen 12 und 17 Jahren durchschnittlich rund zweieinhalb Stunden täglich in den sozialen Medien. Die Plattformen dienen der Selbstdarstellung, aber auch dazu, mit Freundinnen und Freunden in Kontakt zu bleiben oder sich zu informieren. Doch wie genau die Selbstdarstellung abläuft, ob sie übertrieben oder realistisch ausfällt und wovon das abhängt, diesen Fragen geht die Kommunikationswissenschaftlerin Claudia Riesmeyer nach.

Riesmeyer ist Privatdozentin am Institut für Kommunikationswissenschaft und Medienforschung der LMU. In ihrem Projekt „Normen visueller Selbstdarstellung in der Identitätskonstruktion Heranwachsender. Normaushandlung, -wandel und -wirkung auf Instagram und Snap-

chat (NoviS)“ erforscht sie gemeinsam mit Arne Freya Zillich von der Filmuniversität Babelsberg KONRAD WOLF und den zwei Doktorandinnen Jessica Kühn und Annika Wunderlich, woran sich Jugendliche bei ihrer Selbstdarstellung auf Social Media orientieren. Das Projekt wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert, geht über insgesamt drei Jahre und läuft bis Ende 2024.

Ins Kino oder auf ein Konzert, um ein paar Likes zu bekommen

Wie sich Jugendliche auf Instagram und Snapchat darstellen, dieser Frage sind Riesmeyer und Zillich schon in einer Vorstudie nachgegangen. Darin konnten sie verschiedene Muster erkennen, von denen zwei dominierten: authentische und inszenierte Selbstdarstellung. Eine größere Gruppe von Jugendlichen gab sich online ganz bewusst sehr realitätsgetreu und echt. Weil es, so sagten es einige der Befragten, ohnehin auffiele, wenn sie sich verstellten, da die meisten ihrer Online-Kontakte sie auch offline kannten und regelmäßig trafen. Eine andere Gruppe von Jugendlichen setzte sich auf ihren Social-Media-Accounts ganz bewusst übertrieben in Szene. Sie arrangierten beispielsweise eigene Fotoshootings bei Sonnenuntergang, sie gingen ins Kino oder auf ein bestimmtes Konzert oder unternahmen andere Aktivitäten,


einzig um sie anschließend online zu teilen und Likes zu erhalten. Teils hatten sie dafür sogar eigene öffentliche Profile angelegt.

Das aktuelle Forschungsprojekt soll nun einen Schritt weiter gehen. „Wir wollen vor allem herausfinden, woher sie wissen, wie sie sich zu verhalten haben“, sagt Riesmeyer. „Wer setzt ihnen Regeln und Normen für ihre Handlungen? Wie wichtig sind nahestehende Personen wie Eltern oder der Freundeskreis? Welchen Einfluss haben Influencerinnen und Influencer?“ Hier ist zwar klar, dass Social-Media-Promis für Jugendliche vor allem wichtig sind, wenn sie etwa mit Tipps und Tricks zu Computerspielen, Ernährung oder Modetrends aufwarten. Doch ob sie auch konkrete Anleitungen formulieren oder als Vorbilder vorleben, wie sich die Jugendlichen auf Social Media selbst darstellen sollten, dazu ist noch wenig bekannt.

Die Forschung wisse hier noch sehr wenig, sagt Riesmeyer. Bisherige Studien fokussierten meist auf die einzelnen Personen. Man befragte die Jugendlichen oder die Eltern, erhielt so eine Sichtweise auf ein Thema, an dem viele verschiedene Personen beteiligt sind. Was denken die Kinder über die Eltern? Was glauben Eltern über ihre Kinder oder deren Freunde? Welche Rolle haben Influencer in den verschiedenen Wahrnehmungen?

Um Antworten auf diese Fragen zu erhalten, analysierten Riesmeyer und ihr Team





»Die Jugendlichen haben sehr häufig klare Regeln für sich selbst definiert. Das elterliche Unbehagen ist daher oft unbegründet.«

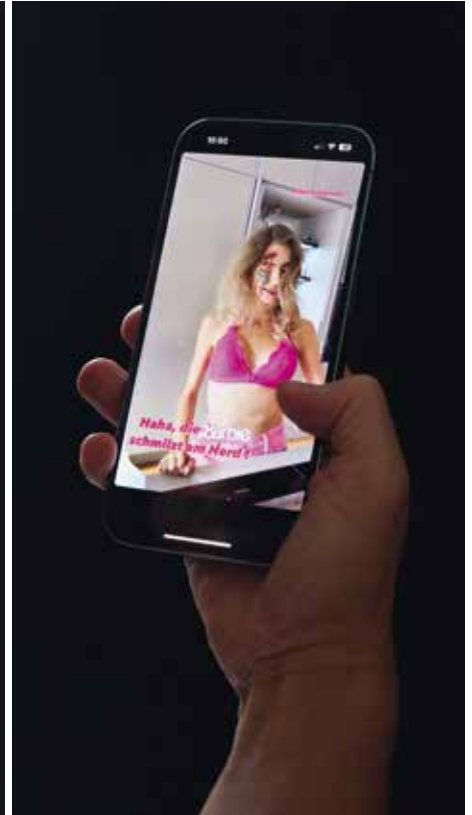
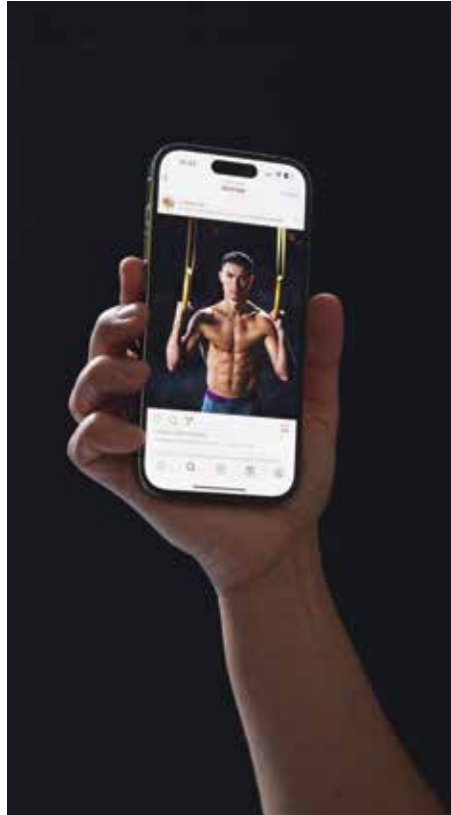
gezielt das Umfeld von 20 Jugendlichen im Alter zwischen 14 und 16 Jahren. Die Heranwachsenden waren dabei gleich verteilt nach Alter, Geschlecht und Bildung und stammten aus verschiedenen Regionen Deutschlands. Neben den meist einstündigen Interviews mit den Jugendlichen selbst befragten die Forschenden auch zwei enge Freunde, einen Elternteil und eine Lehrkraft.

„Lehrerinnen und Lehrer hielten sich für sehr, sehr wichtig“

Außerdem konnten alle Befragten Karten von sich selbst und den anderen relevanten Personen anordnen, um so bildlich zu zeigen, wer ihrer Meinung nach einen großen oder einen geringen Einfluss aufs Verhalten der Jugendlichen hat. „So können wir herausfinden, inwiefern die Eltern, die Freunde oder die Lehrkräfte denken, dass sie für das, was der oder die Jugendliche tut, wichtig sind“, sagt Riesmeyer. Bisherige Forschung habe oft nur eine Sichtweise erfragt. Nicht selten gingen diese Einschätzungen ziemlich weit auseinander.

Ein ganzes Jahr lang dauerte die Datenerhebung. Aktuell analysiert Riesmeyer mit ihrem Team die Daten – mit ersten Er-

Der prüfende Blick in den Spiegel: Kommunikationswissenschaftlerin Claudia Riesmeyer empfindet nach, wie wichtig die Selbstdarstellung für viele Jugendliche ist. Foto: Oliver Jung



Vorbilder für die Identitätskonstruktion? Welchen Einfluss haben Social Media-Größen wie Parfum-Versteher Jeremy Fragrance (links), Fußballer Cristiano Ronaldo und Influencerin Cathy Hummels auf ihre jugendlichen Follower? Fotos: Oliver Jung

gebissen. „Die Karte mit dem Faktor ‚Schule‘ hätten viele Jugendliche zum Beispiel gerne ganz aussortiert, weil die Schule in ihrer Wahrnehmung überhaupt keine Rolle für die Frage der Online-Selbstdarstellung spielt“, sagt Riesmeyer. Zwar findet in den Schulen Medienbildung statt. Doch würden dort andere Themen besprochen, oft gehe es um Datenschutz oder Cybermobbing. „Fragen wie ‚Wie stelle ich mich dar?‘ oder ‚Welche Rechte haben andere an ihren Bildern?‘ kommen da nicht vor“, sagt Riesmeyer. „Aber jetzt dürfen Sie mal raten, für wie wichtig sich die Lehrerinnen und Lehrer hielten: für sehr, sehr wichtig.“

In der Realität scheint es dagegen so, als seien die Jugendlichen selbst ihr wich-

tigster Normensetzer, gefolgt von der Peer-Group und Influencerinnen und Influencern. „Die Eltern scheinen eher keinen direkten Einfluss auf das Online-Verhalten der Jugendlichen zu haben“, sagt Kommunikationswissenschaftlerin Riesmeyer. „Aber einen gewissen Einfluss haben sie dann auf einem Umweg doch: Sie definieren eher grundsätzliche Regeln.“ Zum Beispiel, dass die Kinder keine Bilder in Bikini oder Badehose ins Netz stellen sollen oder eine Beleidigung eine Beleidigung bleibt, egal ob im echten Leben oder „nur“ in einem Sozialen Netzwerk. Die Eltern formulieren den äußeren Rahmen und dessen Grenzen. Welches Verhalten die Jugendlichen darin an den Tag legen – darauf haben sie nur wenig Einfluss.

„Eines wird aus den Interviews deutlich“, sagt Claudia Riesmeyer. „Neben den Regeln, die sie bei Gleichaltrigen beobachten, haben sich die Jugendlichen sehr häufig klare Grundsätze für sich selbst definiert, an die sie sich auch halten – etwa keine freizügigen Fotos oder unnatürlichen Inszenierungen zu posten. Das elterliche Unbehagen ist daher oft unbegründet.“

PD Dr. habil. Claudia Riesmeyer ist Privatdozentin am Institut für Kommunikationswissenschaft und Medienforschung der LMU. Sie koordiniert als Akademische Oberrätin auf Lebenszeit den Bachelorstudiengang Kommunikationswissenschaft an der LMU und habilitierte sich im Januar 2021 im Fach Kommunikationswissenschaft.

Natur als Inspirationsquelle

Die Chemikerin und Kristallographin Elena Sturm arbeitet an der Schnittstelle von Biologie und Materialwissenschaften. Sie erforscht neue nanostrukturierte Werkstoffe mit herausragenden Eigenschaften, zum Beispiel für Zahnfüllungen. Vorbilder dafür sind nicht zuletzt Buntbarsche aus dem Victoriasee.

Von Claudia Doyle

Die Natur macht es vor, die Wissenschaft macht sich ihre Ideen zunutze. Dafür gibt es zahlreiche Beispiele. Die Blätter der Lotuspflanzen dienten als Vorbild für besonders wasser- und schmutzabweisende Oberflächen. Die Widerhaken der Großen Klette waren die Vorlage für die Erfindung des Klettverschlusses. Und Vögel inspirierten die ersten Flugzeugbauer mit ihren Flügelformen.

„Die Natur hatte viel Zeit, Lösungen für Probleme zu optimieren, die unseren heutigen Herausforderungen in Technik und Medizin sehr ähnlich sind“, sagt Elena Sturm. Seit Anfang 2022 ist sie an der LMU Professorin für Angewandte Mineralogie: Geomaterialien in Technik und Umwelt. Ihr Ziel ist es, neue Materialien mit herausragenden Eigenschaften zu entwickeln. Ihre Inspirationsquelle: die Natur.

Verstehen, imitieren, neu bauen

Die Forscherin geht dabei in drei Schritten vor, die ineinandergreifen. Zuerst versucht sie zu verstehen, wie natürliche Biominerale etwa im Körper gebildet werden. Dann baut sie diese im Labor nach. Schließlich nutzt sie mit ihrem Team die gewonnenen Erkenntnisse dazu, komplett neue Materialien zu erschaffen.

Elena Sturm begann bereits während ihrer Diplomarbeit im Chemiestudium, sich mit Biomineralen zu beschäftigen. Zunächst waren es pathologische Biominerale, also Ablagerungen, die man eigentlich nicht in seinem Körper haben möchte, wie Zahn- und Nierensteine. Als sie 2007 während ihrer Doktorarbeit ans Max-Planck-Institut für Chemische Physik fester Stoffe in Dresden wechselte, verschob sie ihren Fokus auf physiologische Hartgewebe, wie Knochen und Zähne. Außerdem begann sie, an synthetischen biomimetischen und bioinspirierten Materialien zu arbeiten, Materialien also, die in Aufbau und Funktion den natürlichen Stoffen nachempfunden sind, aber im Labor hergestellt werden. Ihre Erkenntnisse sollen eines Tages Einzug in die medizinische Versorgung finden. So will Sturm beispielsweise Zahnfüllungen entwickeln, die sich perfekt mit Zahnschmelz und Dentin verbinden, die also problemlos mit dem körpereigenen Gewebe verwachsen.

Um solche Materialien im Reagenzglas zu erschaffen, muss man zunächst ganz genau verstehen, wie sie im Körper gebildet werden. Zähne beispielsweise bestehen, genau wie Knochen oder Muschelschalen, aus einer organischen und einer mineralischen Komponente. Die organische Komponente bildet das Gerüst, das das Wachstum der mineralischen Komponente steuert. Dadurch entstehen sehr komplexe, hierarchische Nanokomposit-Strukturen mit besonderen

mechanischen, chemischen und physikalischen Eigenschaften. „Mich fasziniert, wie aus den gleichen Ausgangsstoffen durch ausgeklügelte Selbstorganisation neue Materialien mit ganz verschiedenen Eigenschaften entstehen können“, erklärt Elena Sturm. Das Mineral Apatit etwa, Hauptbestandteil unserer Knochen und Zähne, ist eigentlich sehr brüchig. Durch die besondere Struktur auf Nano- und Mikrometerebene sind unsere Knochen aber dennoch fest und stabil.

Gleiche chemische Zusammensetzung – andere Eigenschaften

Sturm erzählt, wie ihre Forschung vor zehn Jahren einen entscheidenden Impuls bekam. Sie war damals gerade als Nachwuchsgruppenleiterin und Habilitandin an die Universität Konstanz gewechselt und besuchte dort einen Vortrag über die Evolution und Adaptation von Buntbarschen. Sie lernte dabei, dass diese im Victoriasee eine unglaubliche Artenvielfalt aufwiesen. Einige sind auf weiche Nahrung, zum Beispiel Insekten, spezialisiert, andere knacken mit ihren Zähnen harte Schneckenhäuser, um an ihre Leibspeise zu kommen. „Wir standen nach diesem Vortrag lange zusammen und haben diskutiert, wie es sein kann, dass die Fische auf so unterschiedliche Nahrung spezialisiert sind. Das müsste sich doch auch im Gebiss der Fi-



Normale Kristalle bestehen aus Atomen oder Molekülen, die in einem regelmäßigen Kristallgitter angeordnet sind. Mesokristalle hingegen sind aus kristallinen Nanopartikeln aufgebaut. „Vereinfacht gesagt bauen wir Super-Kristalle aus sehr winzigen Kristallen“, sagt die Chemikerin und Kristallographin Elena Sturm. Foto: Jan Greune

sche widerspiegeln“, erinnert sich Elena Sturm an diesen Tag.

Gemeinsam mit Kollaborationspartnern hat die LMU-Wissenschaftlerin anschließend den Aufbau der Fischzähne bis ins kleinste Detail untersucht und herausgefunden, dass die chemische Zusammensetzung des Zahnmaterials gleich ist. Der Zahnschmelz besteht aus Apatit, einer sehr harten Calcium-Phosphat-Verbindung. Doch die konkreten mechanischen Eigenschaften des Apatits hängen davon ab, wie genau das Material auf Nano- und Mikrometer-Ebene zusammengesetzt ist: Kleine evolutionäre Veränderungen haben offenbar große Auswirkungen. So haben die Muschelknacker viel robustere Zähne als die Insektenfresser.

In einem neuen Projekt will Sturm noch mehr über die evolutionäre Optimierung der Fischzähne herausfinden. Gemeinsam mit Bettina Reichenbacher, Professorin für Paläontologie an der LMU, vergleicht sie Zähne von fossilen und modernen Buntbarschen. Das soll Aufschluss darüber geben, wie sich die Zähne an ungünstige Umweltbedingungen und die Verfügbarkeit von Nahrungsmitteln angepasst haben.

Mesokristalle sind vielfältig einsetzbar

Die Erkenntnisse über den Aufbau von Nanokompositen sind die Grundlage dafür, schließlich auch künstliche, selbst-assemblierende Nanopartikel zu erschaffen. Besonders interessiert Elena Sturm sich für sogenannte Mesokristalle. Normale Kristalle bestehen aus Atomen oder Molekülen, die in einem regelmäßigen Kristallgitter angeordnet sind. Mesokristalle hingegen sind aus kristallinen Nanopartikeln aufgebaut. „Vereinfacht ge-

»Mich fasziniert, wie aus den gleichen Ausgangsstoffen durch ausgeklügelte Selbstorganisation neue Materialien mit ganz verschiedenen Eigenschaften entstehen können.«

sagt bauen wir Super-Kristalle aus sehr winzigen Kristallen“, scherzt Sturm.

Das Besondere daran ist: Nanopartikel können ihre besonderen Eigenschaften behalten, wenn sie in einem Mesokristall angeordnet sind. Dadurch lassen sich Eigenschaften wie zum Beispiel Superparamagnetismus von der Nano- auf die Mesoskala übertragen. Aufgrund dieser Vorteile wird prognostiziert, dass Mesokristalle in zahlreichen biomedizinischen oder sensorischen Anwendungen zum Einsatz kommen werden. So könnten solche Partikel in Zukunft etwa in der Krebstherapie helfen. Superparamagnetische Eisenoxid-Nanopartikel und -Anordnungen zum Beispiel können als Reaktion auf ein wechselndes Magnetfeld Hyperthermie erzeugen. Dieser Wärmeschub kann den Zelltod auslösen, insbesondere bei Tumorzellen, die offenbar empfindlicher auf Temperaturerhöhungen reagieren. Auch im Bereich der Katalyse oder bei der Energieumwandlung könnten metallische und halbleitende Mesokristalle zum Einsatz kommen. „Auf diesem Gebiet sind viele spannende Entwicklungen zu erwarten“, sagt Sturm. „Ich bin neugierig, was wir noch herausfinden werden.“

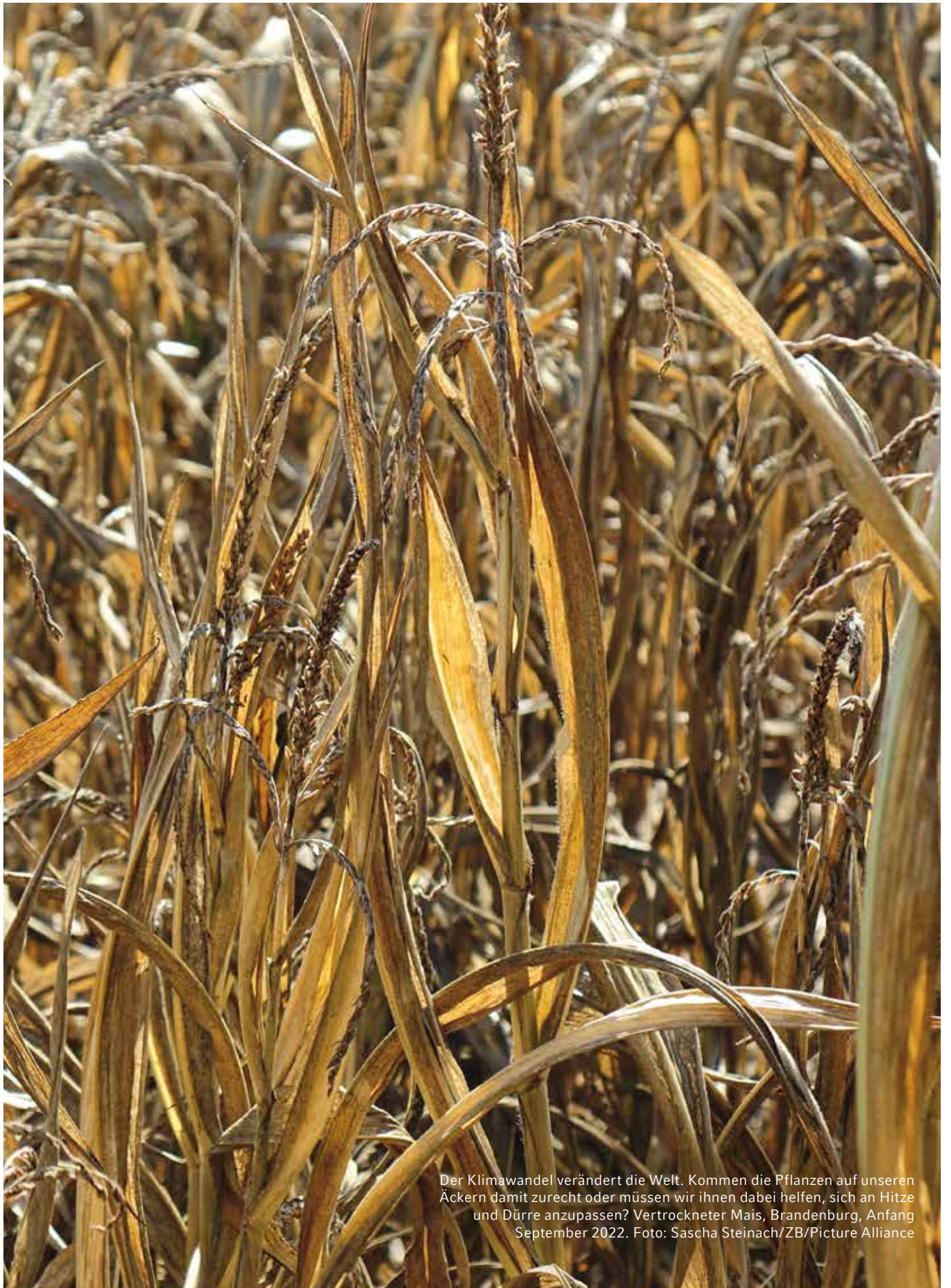
Im Bereich der Zahnfüllungen dagegen gibt es bereits jetzt große Fortschritte. Schon bald könnten Zahnärzte die neuartigen Materialien etwa bei Karies verwenden – und einen großen Nachteil heutiger Füllungen vermeiden. Noch bleibt bei

gängigen Materialien, nachdem das Loch gefüllt ist, zwischen Füllung und Zahn ein winziger Spalt. Denn das künstliche Füllmaterial kann sich nicht mit dem natürlichen Material der Zähne verbinden. Bakterien haben hier leichtes Spiel. Tatsächlich sind es gerade diese Materialgrenzen, an denen oft erneut Karies entsteht.

Das neue Füllmaterial verbindet sich optimal mit dem Zahn. „Unser Material enthält nur Komponenten, die auch in natürlichen Zähnen vorkommen“, erklärt die LMU-Wissenschaftlerin. Folgekaries ließe sich dadurch verhindern. Zwei Patente sind bereits aus dieser Forschung hervorgegangen, der Weg in die Zahnarztpraxis hängt jetzt an den Partnern aus Medizin, Industrie und Wirtschaft. Der Erfolg wäre auch der Natur zu verdanken.

Prof. Dr. Elena Sturm

ist seit 2022 Professorin für Angewandte Mineralogie: Geomaterialien in Technik und Umwelt in der Fakultät für Geowissenschaften (Sektion Kristallographie) der LMU. Sturm, Jahrgang 1983, studierte Chemie an der Staatlichen Universität Omsk, Russland, und wurde nach einem längeren Aufenthalt am Max-Planck-Institut für Chemische Physik fester Stoffe in Dresden an der Staatlichen Universität St. Petersburg, Russland, in Kristallographie und Mineralogie promoviert. An der Universität Konstanz war sie Mitglied des Zukunftskollegs, Nachwuchsgruppenleiterin in der Physikalischen Chemie und habilitierte sich mit einer Arbeit über nanostrukturierte Kompositmaterialien.



Der Klimawandel verändert die Welt. Kommen die Pflanzen auf unseren Äckern damit zurecht oder müssen wir ihnen dabei helfen, sich an Hitze und Dürre anzupassen? Vertrockneter Mais, Brandenburg, Anfang September 2022. Foto: Sascha Steinach/ZB/Picture Alliance

Im planetaren Stresstest

Der globale Wandel bringt die Erde an ihre Belastungsgrenze. Die Geographin Marianela Fader und der Biologe Dario Leister diskutieren, wie sich Natur und Landwirtschaft an veränderte Lebensräume anpassen oder anpassen lassen.

Moderation: Dominic Anders

Nicht erst seit den massiven Waldbränden, Hitzewellen und Hochwasserereignissen der letzten Monate wissen wir, wie gravierend die Auswirkungen des Klimawandels sind. Doch auch wenn das Land nicht gerade verbrennt, versengt oder ertrinkt, setzt der menschengemachte Treibhauseffekt Natur und Landwirtschaft zu. Wie wirkt sich der Klimawandel auf Pflanzen aus?

Leister: Das umfasst viele Ebenen, von Prozessen im Inneren von Pflanzenzellen bis hin zu globalen Kreisläufen. Auf den ersten Blick erscheint mehr CO₂ vorteilhaft für Pflanzen. Bei Dürre bringt das der Pflanze aber gar nichts. Ohne Wasser läuft nichts. Dasselbe gilt für Nährstoffe im Boden. Zudem können auch Pflanzen unter Hitzestress leiden. Zwei Grad Erwärmung sind geologisch gesehen kein großes Drama. Da gab es in der Erdgeschichte schon viel drastischere Schwankungen. Das Problem ist die Geschwindigkeit, mit der die Veränderungen geschehen. Ich bin mir nicht sicher, ob sich unsere natürlichen Landschaften daran schnell genug anpassen können.

Fader: Extremwetterereignisse wie Dürren, Fluten, Stürme oder Brände werden häufiger und zerstören teilweise großräumig Ökosysteme und Anbauflächen. Die Verbreitung von Schädlingen oder Bestäubern ändert sich. Durch den Klimawandel kommt es zu einer räumlichen Verschiebung der Lebensräume. Wenn das zu schnell geschieht, führt das zu Verlusten in der Biodiversität. Außerdem verändert sich die Länge der Wachstums-

periode. In der Landwirtschaft wirkt sich das darauf aus, wann und wo man bestimmte Pflanzen aussäen und ernten kann, wie schnell eine Pflanze reift und natürlich wie hoch der Ertrag ist.

Müssen wir eingreifen und den Pflanzen sozusagen auf die Sprünge helfen?

Leister: Landwirtschaft ist ohnehin künstlich, ein System, in das der Mensch auf jede erdenkliche Weise eingreifen muss: Beim Wasser, bei den Nährstoffen, bei der Schädlingsbekämpfung. Unsere gezüchteten Nutzpflanzen sind nicht natürlich. Und wenn etwas künstlich ist, also nur durch menschliche Manipulation aufrechterhalten wird, kann man neuen Veränderungen begegnen, indem man das System weiter anpasst.

Die Vision von der schwarzen Pflanze

Wie kann man Nutzpflanzen noch optimieren?

Leister: Einer der zentralen Ansatzpunkte meiner Arbeit ist die Photosynthese. Sie ist der bedeutendste Prozess für das Leben auf der Erde. Ohne sie gäbe es keinen Sauerstoff, keine Biomasse, keine Menschheit. Alles, was wir essen, alles, was wir sind, ist letztendlich ein Produkt der Photosynthese.

Pflanzen haben sich aber nicht daran angepasst, möglichst viel Ertrag für uns zu

liefern. Im Laufe der Evolution brauchten sie nie hocheffizient zu sein. Pflanzen sind grün, weil sie grünes Licht nicht nutzen. Unsere Nutzpflanzen tragen dieses natürliche Erbe in sich. Hier besteht Optimierungsbedarf. Mit einer schwarzen Pflanze, die in der Lage ist, das gesamte Lichtspektrum der Sonne zu verwerten, könnte man 50, 60 oder 100 Prozent mehr Wellenlängen nutzen.

Und das kann dabei helfen, nachhaltigere Landwirtschaft zu betreiben?

Leister: Von den Polen bis zur Tiefsee gibt es keinen Fleck mehr auf der Erde, an dem der Mensch nicht irgendwie eingreift. Je weniger Fläche wir als Menschen in Anspruch nehmen, desto besser. Deshalb müssen wir versuchen, die landwirtschaftlich genutzte Fläche zu reduzieren. Wir wollen Nutzpflanzen entwickeln, die mehr Energie nutzen und dadurch viel dichter gepflanzt werden können. Dann brauchen wir weniger Platz für den Ackerbau, wodurch Flächen für die Natur frei werden.

Fader: Herr Leister spricht hier eine Debatte an, die sich zwischen zwei unterschiedlichen Ansätzen bewegt: Land sparing und Land sharing. Generell gibt es zwei Möglichkeiten: Wir können erstens die Landwirtschaft hocheffizient gestalten und dadurch räumlich konzentrieren. Dann hätten wir mehr Platz für großräumige, natürliche Ökosysteme. Die andere Möglichkeit setzt hingegen auf größere landwirtschaftliche Flächen, die dafür aber naturnäher gestaltet sind. Systeme, die nicht mehr auf Effizienz getrimmt

sind, sondern auf eine schonende Bewirtschaftung. Bei der Fachdiskussion um die planetaren Grenzen dreht sich vieles um die Frage, in welchem Gebiet welches dieser Systeme das nachhaltigere ist. Das kann man nicht pauschal beantworten, auch eine Kombination aus beidem kann die Lösung sein.

Besteht die Gefahr, dass Flächen trotz Pflanzenoptimierung nicht verkleinert werden, sondern die Monokulturen weiter wachsen?

Fader: Im Mittelmeerraum können wir genau diesen Effekt beim Einsatz von Wasser beobachten. Man hat dort von Flächen- auf Tröpfchenbewässerung umgestellt, was deutlich effizienter ist. Leider hat man aber das Wasser, das man hätte sparen können, dafür genutzt, die Produktion auszuweiten. Im Endeffekt wurde also gar kein Wasser gespart. Solche Rebound-Effekte können auch in Bezug auf die Landnutzung entstehen. Aber das ist kein geografisches und auch kein biologisches Problem, sondern ein soziologisch-gesellschaftliches. Wir können in der Wissenschaft die tollsten Erkenntnisse hervorbringen, aber solange Politik und Gesellschaft die globale Bedeutung von Nachhaltigkeit nicht anerkennen, können wir sie nicht realisieren.

Was brächte der Abschied von den Monokulturen?

Kann man mit einer Rückkehr zu natürlicheren Landwirtschaftssystemen die Weltbevölkerung ernähren?

Fader: Dazu wird gerade viel geforscht. Wir wollen demnächst in einem großskaligen Ökosystemmodell den Einsatz von Mischkulturen simulieren. Dabei werden Nutzpflanzen nicht in Monokultur angebaut, sondern mehrere Feldfrüchte zu-

»Wenn wir naturnahe Systeme mit nachhaltiger Bewirtschaftung und technologischen Innovationen kombinieren können – warum nicht?«

Marianela Fader

sammen. Eine davon ist normalerweise eine stickstofffixierende Pflanze, sodass weniger Dünger gebraucht wird. Neben dem kombinierten Anbau von Nutzpflanzen geht es auch um eine extensive Bearbeitung der Felder durch bodenschonendes Pflügen und wassererhaltende Maßnahmen im Boden. Wir untersuchen, ob wir mit einer solchen naturnahen Landwirtschaft Erträge erreichen können, die vergleichbar sind mit aktuellen Monokulturen. Vieles deutet darauf hin, dass sich große Vorteile ergeben können, wenn wir zu einer naturnäheren Bewirtschaftungsweise zurückkehren.

Leister: Wenn man den Boden ruiniert und das Wasser verschmutzt, schneidet man sich langfristig ins eigene Fleisch. Es ist toll, wenn man das durch schonende Anbaumethoden vermeiden kann. Gleichzeitig ist so eine Wirtschaftsweise womöglich technologisch anspruchsvoll und das Produkt dadurch teurer. Momentan braucht man in Monokulturen nur ausreichend Dünger auf die Felder zu schmeißen und kann, zumindest kurzfristig, sehr billig produzieren. Damit erreicht das Thema eine soziale Dimension, denn viele Menschen sind auf billige Lebensmittel angewiesen. Wir brauchen Entscheidungsträger, die wissenschaftlich gut beraten werden und praktikable Lösungen finden, die langfristig funktionieren.

Könnten künstlich veränderte Pflanzen natürliche Systeme auskonkurrieren, wenn sie von den Feldern in die Natur gelangen?

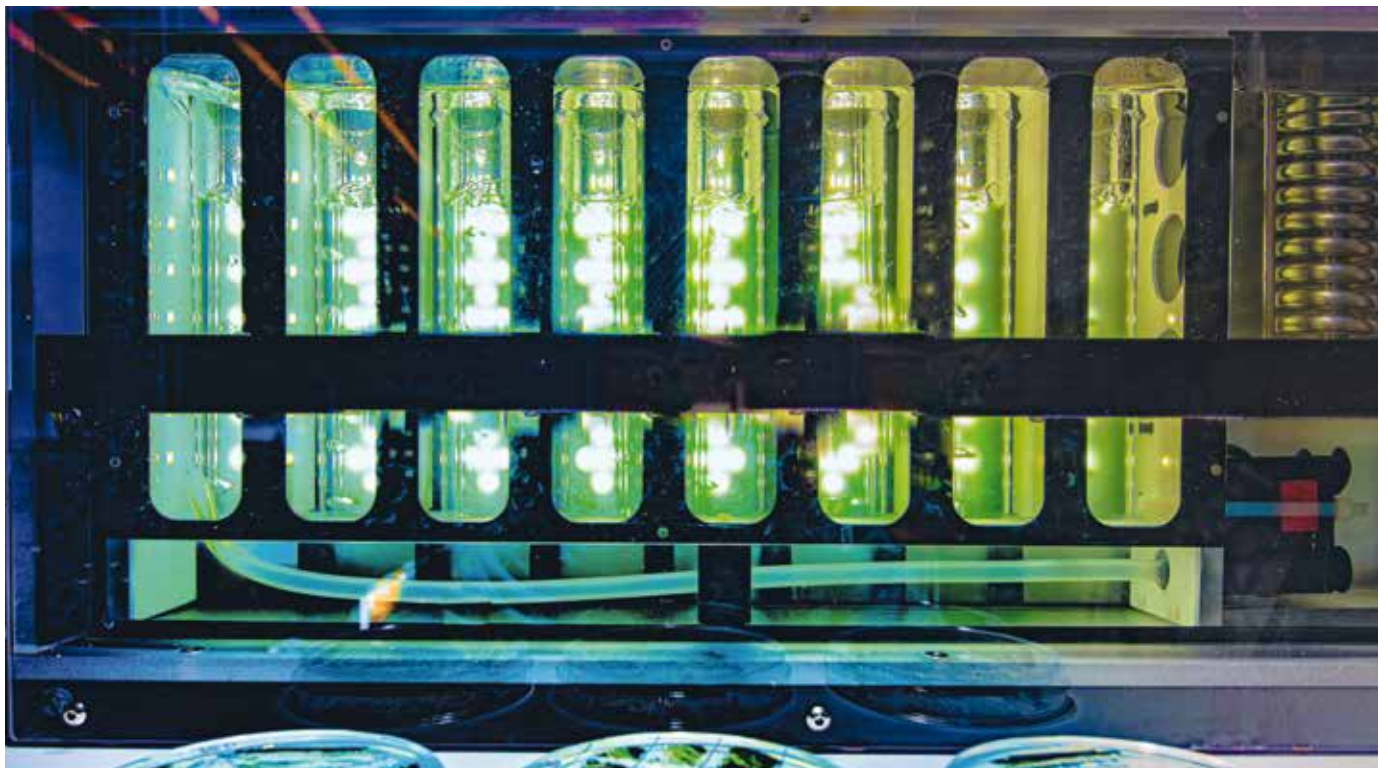
Leister: Interessanterweise höre ich diese Sorge in Bezug auf die Tierzucht selten. Bei einer modernen Hochleistungskuh befürchtet niemand, dass sie entkommt und unkontrolliert die Alpen besetzt. Zucht auf landwirtschaftlich erwünschte Eigenschaften geht auf Kosten der allgemeinen Fitness, die meisten Haus- und Nutztierassen wären ohne uns nicht mehr überlebensfähig. Bei Pflanzen ist das ähnlich. Auch eine Pflanze mit verbesserter Photosynthese muss man wahrscheinlich hätscheln und pflegen, damit sie überlebt. Ich kann mir nicht vorstellen, dass sich so eine Pflanze wie ein Unkraut verbreitet.

Fader: Diese Diskussion fokussiert sich sehr stark darauf, was wir im Labor an potenziell gefährlichen Organismen kreieren könnten. Mindestens genauso wichtig ist aber die Frage, in welchem Zustand sich unsere natürlichen Ökosysteme befinden. Wenn sie insgesamt geschwächt sind, werden sie anfälliger für Störungen und verlieren an Widerstandskraft. Klimawandel, Entwaldung oder Verschmutzung sind solche Stressfaktoren, die ein System aus dem Gleichgewicht bringen können. Hinzu kommt, dass die Systeme durch schwindende Vielfalt brüchig werden. Wir sollten nicht nur über künstliche Gefahren aus dem Labor sprechen, sondern auch darüber, wie wir natürliche Strukturen erhalten können.

Gerade in Bezug auf die moderne Gentechnik gibt es Vorbehalte. Wird hier eine Grenze überschritten?



Schonende Bewirtschaftung im Regenwald: Anbau von Bananen, Papaya, Ananas und Copoazu. Marianela Fader untersucht, ob man mit naturnaher Landwirtschaft Erträge erreichen kann, die sich mit denen von Monokulturen messen können. Fotos: Stephan Höck, Alexandre/Adobe Stock



Anpassung im Zeitraffer: Dario Leister züchtet Blaualgen im Labor, indem er sie bestimmten Stressfaktoren aussetzt, und überträgt die vorteilhaften Mutationen mittels Gentechnik auf Pflanzen. Fotos: Christoph Olesinski

»Von den Polen bis zur Tiefsee gibt es keinen Fleck mehr auf der Erde, an dem der Mensch nicht irgendwie eingreift. Je weniger Fläche wir als Menschen in Anspruch nehmen, desto besser.«

Dario Leister

Leister: Bei aktuell akzeptierten Methoden wird nichts komplett Neues geschaffen. Vorhandene Gene werden durch den Austausch einzelner Aminosäuren leicht verändert. Ein Vorgang, der auch in der Natur jeden Tag passiert. Meine Arbeit würde ich im Grunde als nachhaltige Gentechnik bezeichnen. Pflanzen mit einer Generationszeit von mindestens einem Jahr brauchen Tausende Generationen, um sich anzupassen. Das dauert für Experimente im Labor viel zu lange. Cyanobakterien schaffen eine Generation innerhalb weniger Stunden.

Wofür ist dieser Zeitraffer gut?

Leister: Wir arbeiten mit diesen Algen und lassen sie sich an bestimmte Bedingungen adaptieren. Dann schauen wir uns an, wie sich die angepasste Generation genetisch von ihren Vorgängern unterscheidet. Erst wenn wir die daraus gewonnenen Erkenntnisse auf Pflanzen übertragen, kommen gentechnische Methoden ins Spiel. Wir haben es schon geschafft, eine in den Algen entdeckte Punktmutation in Pflanzen einzubringen, wo sie ebenfalls zu einer verbesserten Stresstoleranz führte.

Der gentechnische Ansatz auf der einen Seite und die Rückkehr zu naturnaher Landwirtschaft auf der anderen: Schließt sich das aus?

Fader: Ich bin grundsätzlich offen für verschiedene Ansätze, obwohl es zum Thema Gentechnik sicher geteilte Mei-

nungen gibt. Landwirtschaft ist in vielerlei Hinsicht schon jetzt etwas sehr Künstliches. Wenn wir naturnahe Systeme mit nachhaltiger Bewirtschaftung und technologischen Innovationen kombinieren können und so gemeinsam den Weg hin zu einer erfolgreichen Klimawandelanpassung einschlagen – warum nicht? Ich sehe hier große Potenziale, sich gegenseitig zu ergänzen.

Leister: Zwischen künstlich und natürlich zu unterscheiden macht in der Landwirtschaft keinen Sinn. Es geht vielleicht eher um Nachhaltigkeit in dem Sinne, dass man die Menschheit ernährt und dabei möglichst wenig kollateralen Schaden anrichtet. Hierbei können wir uns von der Natur inspirieren lassen und clevere Lösungen entwickeln. Gentechnik

Prof. Dr. Marianela Fader

ist Inhaberin des Lehrstuhls für Physische Geographie und Nexus-Forschung an der LMU. Fader studierte Geographie an der Universität Göttingen. Promoviert wurde sie mit einer Arbeit am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung. Sie arbeitete als Wissenschaftlerin am Potsdam-Institut, am Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continentale (IMBE), Aix-en-Provence, Frankreich, und war Deputy Director des Internationalen Zentrums für Wasserressourcen und Globalen Wandel in Koblenz. Außerdem war sie als Beraterin unter anderem für die Weltbank, verschiedene deutsche Bundesministerien und Organisationen der Vereinten Nationen (FAO, WMO, UNESCO, UNEP) tätig.

ist nichts anderes als eine Weiterentwicklung von Züchtung, nur mit mehr wissenschaftlichem Know-how. Es kann nichts Schlimmes daran sein, Nutzpflanzen resistenter und effizienter zu machen. Das ist zwar künstlich, aber nachhaltig.

Sind wir in der Lage, uns erfolgreich an den Klimawandel anzupassen?

Leister: Ich bin allgemein optimistisch, was den Erfindungsreichtum der Menschheit angeht. Was mir Sorgen macht, ist die Heterogenität von Staaten, Gesellschaften und Interessen. Das Leid wird global sehr ungleich verteilt sein, davon gehe ich aus. Länder, die weder die nötigen Ressourcen noch die Infrastruktur haben, um sich anzupassen, leiden bereits jetzt.

Fader: Das Erdsystem verfügt über eine gewisse Plastizität, auch menschliche Gesellschaften sind anpassungsfähig, wie die Geschichte zeigt. Je nachdem, worauf wir den Fokus legen, müssen wir uns jedoch eingestehen, dass manches schon jetzt nicht mehr zu retten ist. Ein Schlüsselfaktor sind die sogenannten Kipppunkte im Klimasystem. Wenn sie fallen, ist es recht wahrscheinlich, dass uns auch eine naturnahe Landwirtschaft mit künstlich optimierten Pflanzen nicht mehr retten kann.

Prof. Dr. Dario Leister

ist Inhaber des Lehrstuhls für Botanik mit Schwerpunkt Molekularbiologie der Pflanzen an der LMU. Leister, Jahrgang 1967, studierte Biochemie an der Universität Tübingen und wurde mit einer Arbeit am Max-Planck-Institut für Pflanzenzüchtungsforschung, Köln, im Fach Genetik promoviert. Dort arbeitete er auch als Postdoktorand, ebenso wie am Sainsbury Laboratory (John Innes Centre), Norwich, UK. Er habilitierte sich im Fach Genetik, bevor er im Jahr 2005 an die LMU kam. Leister ist Sprecher des DFG-Sonderforschungsbereiches „Der Chloroplast als zentraler Knotenpunkt der Akklimatisation bei Pflanzen“ und des ERC Synergy Grant-Konsortiums „Redesigning the Photosynthetic Light Reactions (PhotoRedesign)“.

„Wir machen Zeit sichtbar“

Drohnen über Heloros: Der LMU-Forscher Nicola Lercari untersucht historische Stätten mit modernsten Methoden der Fernerkundung. Mit den Flügen legt er das Kulturerbe aus Jahrtausenden frei.

Von Hubert Filser

Leise surren die sechs Rotoren, noch steht die mächtige Drohne wie ein großes Insekt am Strand von Heloros auf Sizilien. Der heftige Wind der vergangenen Tage, der ihren Start unmöglich gemacht hatte, ist abgeflaut. Auch Touristen sind um sieben Uhr morgens noch keine da. Und so kann Nicola Lercari endlich den Erkundungsflug über die 2.800 Jahre alte griechische Stadt starten, die oben auf den Felsen über dem Strand lag. Nur wenige Überreste von Heloros sind dort zu sehen, ein Teil der Stadtmauer sowie die Grundmauern einiger Tempel, die Überreste eines Marktplatzes und ein schwer beschädigtes Theater. Mehrere Tausend Menschen lebten einst dort, die Stadt spielte eine zentrale Rolle bei der griechischen Besiedlung im Südwesten Siziliens.

„Die meisten Strukturen verbergen sich in der Erde“, sagt Lercari. Etwa weite Teile der alten Stadtmauer, Wohnviertel oder die Spuren von Wegen in die Umgebung bis hin ins 30 Kilometer entfernte Syrakus, die größte Stadt der Region, die Korinther dort als Erstes gegründet hatten und die im Zentrum von insgesamt wohl zwölf Satellitenstädten wie Heloros lag.

Nach all dem soll die Hightech-Drohne des LMU-Forschers aus der Luft fahnden. Ausgerüstet mit einer hochauflösenden Kamera, einem Infrarotsensor und einem sogenannten Lidar, das mit Laserlicht die Oberfläche abtastet, schwebt das neu angeschaffte, mit viel Präzisionselektronik

versehene Gerät über der hügeligen sizilianischen Landschaft, 50 Meter hoch, exakt mit GPS-Navigation auf Position gehalten. „Auch bei Wind fliegt die Drohne sehr stabil“, sagt Lercari. Das ist entscheidend für die Qualität der Lidar-Daten.

Im Zentrum von Lercaris Arbeit stehen modernste Methoden der Fernerkundung. Damit verschaffen er und sein Team sich wie aktuell in Heloros einen Überblick. „Früher kämpften sich Forscher monatelang zu Fuß durch den Dschungel oder durch unwirtliche Gegenden, um Ruinen zu finden. Heute fliegen wir einen Tag lang mit einem mit Lidar ausgestatteten Flugzeug oder eben unserer eigenen Drohne und finden die Kulturerbestätten später im Labor“, sagt Lercari.

Zwölf Einsätze, drei Quadratkilometer, Gebäude in 3-D

Archäologen haben damit ganz neue Möglichkeiten, großräumig uralte Kulturstätten zu erfassen und in manchen Fällen sogar vor der Zerstörung durch Krieg, Naturkatastrophen und Erosion zu bewahren, das ist Lercaris Mission. Die mithilfe von Computerprogrammen aufbereiteten Daten können erfahrenen Archäologen sowohl helfen, Rätsel der Vergangenheit zu lösen, Orte und ihre Geschichten zu verstehen wie auch diese untergegangenen Orte vor dem weiteren Verfall und dem endgültigen Vergessen zu bewahren.

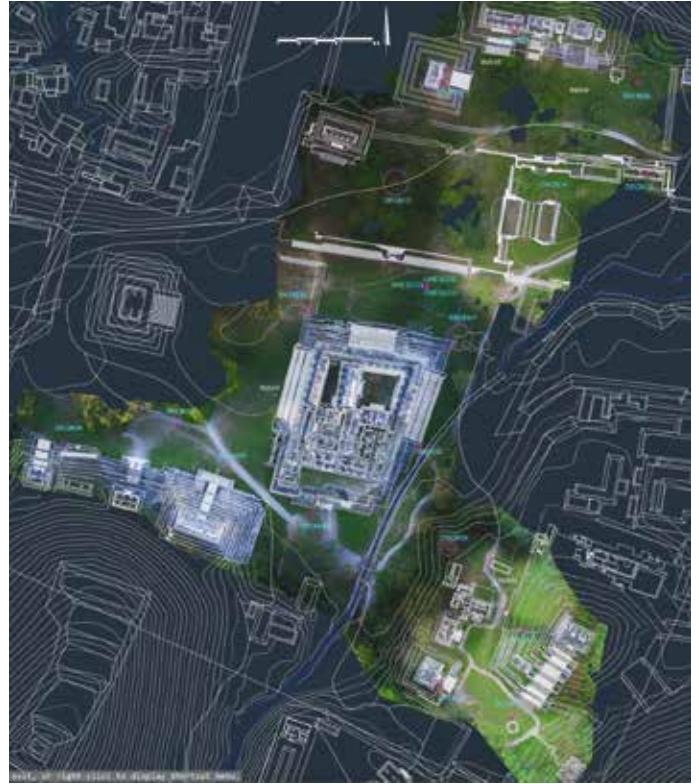
Zwölf Einsätze über Heloros flog Lercari mit seinem Team aus dem HADES-Projekt (Heloros Advanced Digital Exploration and Surveying), erfasste ein Gelände von drei Quadratkilometern Größe, fast 420 Fußballfelder groß. Die Hightech-Geräte an Bord nahmen dabei im Überflug dreidimensionale Daten des Geländes auf, hochaufgelöste Bilder und Milliarden von Messpunkten landeten im Speicher der Instrumente, so entsteht im Lauf einer Messkampagne im Computer eine Landschaft mit Gebäuden in 3-D und präziser Topographie. Jeder Messpunkt ist mit exakten Geodaten versehen. Dafür ist es nicht nur notwendig, die Drohne bei Wind gut in Position zu halten, die Geodaten müssen auch in Echtzeit festgehalten werden.

Mit einer Genauigkeit auf Millimeteerebene scannten Lercari und sein Team die Ruinen und Stadtstrukturen, sogar von Details, die im dichten Gestrüpp der süditalienischen Macchia verborgen sind. „Wir wussten nicht, ob die Instrumente auch die dicht stehenden Büsche durchdringen können“, sagt er. „Aber das klappt sehr gut. Sogar im Flachwasserbereich konnten wir Teile des Meeresbodens erfassen, das hat bislang noch kein Lidar an Bord eines Flugzeugs geschafft.“

Möglicherweise helfen die Daten zu Heloros und dem umliegenden Marschland künftig, den bislang noch nicht entdeckten antiken Hafen zu finden, kein einfaches Unterfangen, denn die Küstenlinie hat sich in 2.800 Jahren deutlich verändert. An Land hat Lercaris Team Spuren



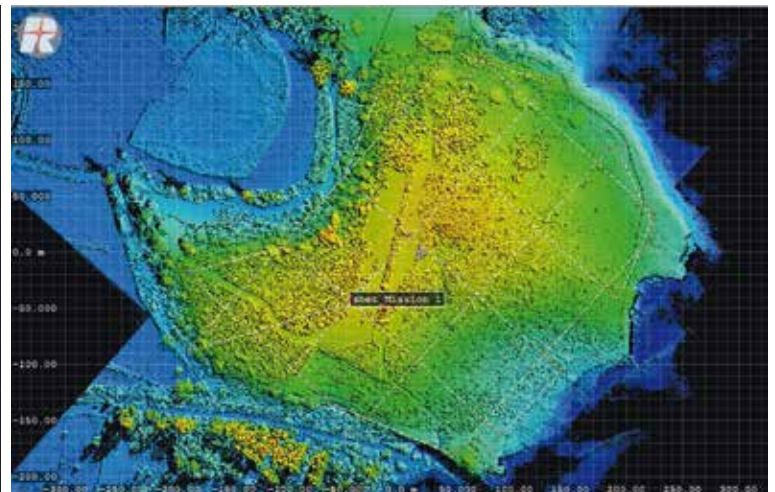
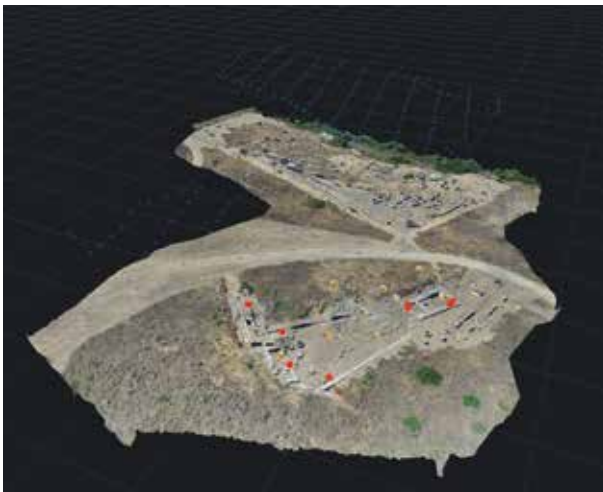
Mission Kulturerbe: „Früher kämpften sich Forscher monatelang zu Fuß durch den Dschungel oder durch unwirtliche Gegenden, um Ruinen zu finden“, sagt Nicola Lercari. Heute erfasst der LMU-Forscher mit seiner leistungsstarken Drohne großräumig uralte Kulturstätten. Foto: Florian Generotzky



Maya-Metropole Palenque

Messkameras an Bord der Drohne liefern 3-D-Luftaufnahmen des Königspalastes (links oben). Das mächtige Gebäude lag einst im Stadtzentrum, umgeben von repräsentativen Gebäuden, wie die von Edwin Barnhart erstellte Karte zeigt (rechts oben). Nicola Lercari scannte auch das Palastinnere, hier das Haus E, wo sich der Thron des Maya-Herrschers befand. VR-Aufnahmen des Wide-Area Visualization Environment (WAVE) Projekts der UC Merced helfen Archäologen, die versunkene Stadt digital zu analysieren.





Heloros, korinthische Kolonie auf Sizilien

Nicola Lercari und sein Postdoc Dario Calderone montieren die Lidar-Einheit an die neue Drohne des Instituts (unten) und lassen sie dann über Heloros starten (oben). Jede Mission wird mithilfe einer Software geplant und direkt im Feld am Laptop überwacht. Die Instrumente an Bord liefern 3-D-Luftaufnahmen, im Bild zu sehen sind der Tempel von Asklepios und der Tempelkomplex von Demeter (Mitte links) und farbkodierte Höheninformationen des Geländes (Mitte rechts).

der antiken Fahrspuren von Fuhrwerken entdeckt, die jahrhundertlang auf derselben Strecke verkehrten. Sie könnten Hinweise auf das Straßennetz geben, auf dem griechische Waren transportiert wurden. Auch große Steinbrüche in 3-D und ihre Zufahrtswege erfasste es, auf denen das Material in die Stadt kam.

Heloros hatte offenbar während seiner hellenistischen Phase beeindruckende Befestigungsmauern, ein gewaltiges Nordtor, ein großes Theater, mehrere Tempel und war städtebaulich einzigartig geplant. So soll nach und nach das große Bild der Stadt und ihrer Verbindungen ins Umland entstehen, genau hier können Technologien neue Interpretationsmöglichkeiten liefern. „Wenn wir die Straße nach Syrakus entdecken würden, wäre das großartig“, sagt Lercari. Ihm geht es darum, zu zeigen, wie sich die Stadt im Lauf der Zeit entwickelt hat. „Wir machen Zeit sichtbar.“ Sein Traum ist es, einmal auch die bislang kaum ausgegrabene Stadt für Touristen zu öffnen.

Ermittelt aus der Luft, ohne einen Spatenstich am Boden

Das Besondere an Lercaris Ergebnissen ist der Grad der Genauigkeit in der Information über längst untergegangene Kulturstätten, ermittelt aus der Luft in bislang unerreichter Geschwindigkeit. „Die Präzision der Daten verändert das Spiel“, sagt Lercari. „Sie ermöglicht es, historische Stätten millimetergenau dreidimensional zu dokumentieren und so auch in digitaler Form für künftige Generationen zu erhalten oder archäologische Merkmale in der Landschaft zu identifizieren, ohne dass Grabungen erforderlich sind.“ An der LMU baut Lercari gerade ein eigenes Institut für Digitale Kulturerbestu-

»Die Präzision der Daten verändert das Spiel. Sie ermöglicht es, historische Stätten millimetergenau dreidimensional zu dokumentieren und so auch in digitaler Form zu erhalten.«

dien auf. Die neuen Visualisierungsmethoden und automatisierten Techniken erlauben es, mithilfe der Daten Korrelationen zwischen einzelnen Gebäuden und ihrer Umgebung zu entdecken, etwas, das bisher so nicht möglich war. Auch im Einsatz vor Ort bringt die technische Entwicklung bei der Drohnen- und der Lidar-Technologie enorme Vorteile: „Wir können die Daten inzwischen praktisch in Echtzeit auswerten“, sagt Lercari. „Finden wir am Morgen ein interessantes Objekt oder eine Anomalie in den Daten, können wir am selben Tag im Feld nachschauen, was sich dort verbirgt, früher mussten wir Monate warten, bis die Daten ausgewertet waren.“ Das HADES-Projekt ist dabei so etwas wie ein Modellvorhaben, das die Möglichkeiten der digitalen Erfassung und Auswertung ausreizt, das zeigen soll, wie hilfreich Daten sein können für das Verständnis einer vergessenen Stadt und ihrer Geschichte.

Lercari erzählt von seinen Anfängen an der Universität Bologna, wo er zunächst im Bereich Geschichte und Kulturwissenschaften begann. Er beschäftigte sich mit der Stadtgeschichte, nutzte dabei digitale Methoden. Die Verbindung von Geschichte und Computerwissenschaften reizte ihn. Konkret ging es dabei darum, eine Technik zu entwickeln, um die mittelalterliche Stadt mit ihren zahlreichen Türmen aus dem 13. Jahrhundert virtuell zu rekonstruieren und zu visualisieren. Er wollte an der Schnittstelle von Archäo-

logie, Museumskunde und Informatik arbeiten. Und so ging er in die USA an die Duke University und dann an die University of California Merced, wo er sich immer mehr damit beschäftigte, wie man im digitalen Zeitalter das Kulturerbe besser bewahren kann, mit digitalen Mitteln.

Aus dieser Zeit stammen auch ein großes Daten- und 3-D-Visualisierungsprojekt in der neolithischen Siedlung Çatalhöyük in der Türkei, einer der ältesten und besterhaltenen Siedlungen der Menschheitsgeschichte. Sie ist für das Verständnis früher Agrargesellschaften im Nahen Osten und Fragen der Sesshaftwerdung von großer Bedeutung. Dort hat Lercari die Nutzung des Raums im Lauf der Jahrhunderte untersucht. Die Siedlung ist typisch für die Generationen von Häusern, die sich an einem Ort überlagern. Für Lercari bildet sich darin eine Art soziales Gedächtnis ab. Es sei dabei auch um eine Erweiterung der Grabung gegangen, „3-D-Ausgrabung haben wir das damals genannt“, erzählt Lercari. Es ging darum, mithilfe digitaler Aufnahmen und der Scanning-Technologien die Räume der Siedlung zu erfassen und sie mit zusätzlichen Informationen visuell anzureichern, um sie so besser interpretieren zu können. „Schon lange bevor sich der Begriff der Digitalen Geisteswissenschaften weltweit durchsetzte, nannte ich mich einen humanistischen Computerwissenschaftler, inzwischen würde ich mich eher als Spezialisten für digitales Kultur-

erbe bezeichnen“, sagt Lercari. Er habe zwar viel mit der Entwicklung neuer technischer Untersuchungsmethoden zu tun, aber es gehe immer auch darum, das Leben der einstigen Bewohner der neolithischen Siedlung zu verstehen, ihre Rituale und die Funktionsweise der Haushalte.

Ein Gespräch mit Nicola Lercari wird schnell eine Reise durch die Kulturgeschichte der Erde. Er könne sich mit Kulturen und Regionen quer durch alle Zeiten beschäftigen, sagt Lercari, anders als viele Archäologen, die auf eine Gegend oder Zeitspanne spezialisiert sind. Er war weltweit im Einsatz, hat mit Experten aus Stanford und Mexiko City zusammengearbeitet. In der berühmten Maya-Stadt Palenque, deren Überreste er im mexikanischen Dschungel gesucht hat und wo er Paläste, Tempel und Wohnhäuser vermessen hat. Oder eben in Çatalhöyük in der Türkei und nun auch auf Sizilien, wo es um die frühe Siedlungsgeschichte der korinthischen Siedler geht und darum, wie sie langsam fern der Heimat Fuß fassten.

Siedlungsreste einer mittelalterlichen Riesenmetropole

Sein Fach hat innerhalb der Archäologie in den vergangenen Jahren einen Schub bekommen durch spektakuläre Lidar-Aufnahmen versunkener Dschungelstädte und Tempel aus der Luft, in der kambodschanischen Tempelanlage Angkor Wat etwa, in deren Umland Forscher vor rund zehn Jahren unter den Wäldern verborgene Siedlungsreste einer mittelalterlichen Riesenmetropole entdeckt haben.

Lercari wiederum gelang es im mexikanischen Palenque, im Dschungel verborgene Gebäude und Strukturen zu erkennen und ihre Funktion zu bestimmen. „Wir



Startklar: Drohne mit Hightech-Kameras. Foto: Florian Generotzky

haben dort Wasserkanäle entdeckt, die die Farmen von Palenque versorgt haben“, erzählt Lercari. „Das war einmal eine große Stadt mit einer ausgeklügelten Wasserversorgung und Infrastruktur.“ Es gebe dort viele Fragen zu klären, etwa wie verschiedene Viertel der Stadt zum Stadtleben beigetragen haben oder ob Eliten, die in der Umgebung der Königsplätze lebten, von dieser Nähe profitierten. Die Perfektionierung der Techniken hat damit auch die Altertumswissenschaften bei wichtigen Fragestellungen deutlich vorangebracht. Mit deutlich geringerem Aufwand lassen sich auch größere Areale detailreich und präzise scannen – aus der Luft. Nicht nur, dass sich die Forscher darum nicht mehr monatelang durch unwegsames Gelände kämpfen müssen, weil Lidar in der Lage ist, das Blätterdach der Bäume oder Sträucher zu durchdringen. Die Wellenlänge des verwendeten Lichts wird von den Blättern nicht absorbiert.

Lercaris Daten machen es auch möglich, Fragen zu beantworten, für die es manchmal eben auch den Überblick, den Blick

von oben braucht. Aus den Datenscans, die vom Gelände im Überflug aufgezeichnet werden, entstehen dreidimensionale Aufnahmen der Landschaft, von Ruinen und Stadtstrukturen. Sie verhelfen nicht nur mitunter zu neuen Funden, sondern sind manchmal auch so präzise und überraschend, dass sie, wie Lercari es formuliert, „manchen alten Stätten neues Leben einhauchen“.

Prof. Dr. Nicola Lercari

leitet das Institut für Digitale Kulturerbestudien an der LMU, das er als Lehrstuhlinhaber auch aufgebaut hat. Lercari, Jahrgang 1982, studierte Kommunikationswissenschaft an der Universität Genua, Italien, sowie Film- und Medienproduktion an der Universität Bologna, Italien. An der Duke University arbeitete er als Postdoc. Promoviert wurde er dort in History and Computing. An der University of California at Merced war er zunächst Postdoc am Department of Humanities and World Cultures, später Assistant Professor am Department of Anthropology and Heritage Studies und zuletzt Associate Professor of Heritage Studies, bevor er 2022 an die LMU berufen wurde.

Das Rauschen des Geldes

Das Geschäft mit den Millisekunden: LMU-Forscher Ryan Riordan untersucht, wie sich der Siegeszug des computergesteuerten ultraschnellen Börsenhandels auf Wertpapiermärkte auswirkt.

Von Nikolaus Nützel

Es war ein verheerender Blitzschlag, der die amerikanischen Börsen am 6. Mai 2010 traf. Doch es war kein herkömmlicher Blitz, der an diesem Tag beträchtlichen Schaden anrichtete. Es war ein sogenannter „Flash-Crash“, ein blitzartiger Kursverlust, der zeitweise Werte in Höhe von mehreren Hundert Milliarden Dollar von den Bildschirmen der Händler verschwinden ließ: mehr als die jährliche Wirtschaftsleistung Belgiens. Die meisten Kurse erholten sich zwar schnell wieder, Börsengeld löst sich meist nicht komplett in Luft auf, es ändert nur seinen Aufenthaltsort. Doch der Blitzschlag warf weltweit die Frage auf, wie verletzlich die Wertpapiermärkte durch den Siegeszug des computergesteuerten Börsenhandels geworden sind.

Bei der Suche nach den Schuldigen geriet schnell eine damals noch vergleichsweise junge Praxis in den Fokus: Der Hochfrequenzhandel, auf Englisch High Frequency Trading, kurz HFT. Der LMU-Forscher Ryan Riordan untersucht, welche Auswirkungen der Kauf und Verkauf von Wertpapieren innerhalb von Sekundenbruchteilen auf die Finanzmärkte hat.

Der gebürtige Kanadier erinnert sich gut an den Flash-Crash von 2010. Riordan hatte zwei Monate zuvor von der US-Technologiebörse NASDAQ einen Datensatz über Handelsaufträge zur Verfügung gestellt bekommen, den er im Mai 2010 gerade auswertete.

„Überhaupt erst einmal Zugang zu solchem Material zu bekommen, macht etwa ein Drittel unserer Arbeitszeit als Forscher aus“, erzählt der Finanzwissenschaftler mit einem Augenrollen. Aber die Mühe, den NASDAQ-Datensatz zu beschaffen und zu untersuchen, habe sich gelohnt, sagt er. Einige Vermutungen, die er selbst über den Hochfrequenzhandel hatte, seien widerlegt worden.

Rund vier Jahre dauerte es, bis der entsprechende Aufsatz veröffentlicht war. Während die Börsen inzwischen der Inbegriff von Schnelligkeit sind, mahlen die Mühlen in der Finanzwissenschaft oftmals langsam, dafür aber eben gründlich, erzählt Riordan. Dementsprechend warnt der Leiter des LMU-Instituts für Financial Innovation & Technology Skeptiker beim Thema HFT davor, bei ihrem Urteil das zu sein, was eben jene Skeptiker dem Hochfrequenzhandel vorwerfen: zu schnell.

Algorithmen als digitale Brandbeschleuniger

Tatsache ist: Beim Flash-Crash von 2010 und bei anderen ähnlichen Börsen-Beben spielten automatisierte An- und Verkäufe von Wertpapieren eine wichtige Rolle. Denn Computerprogramme, die nach bestimmten Algorithmen massenhaft Aktien ankaufen und schnell wieder abstoßen, können Kursbewegungen verstär-

ken. Allerdings gilt es beim Flash-Crash 2010 inzwischen als erwiesen, dass es ein einzelner Mensch war, der die Lawine losgetreten hat, und zwar bewusst. Im April 2015 wurde ein privater Börsenhändler aus London als Hauptverantwortlicher identifiziert. Er gestand später, dass er fingierte Verkaufsaufträge platziert hatte, um von niedrigeren Kursen zu profitieren.

Weil offensichtlich ein Mensch und kein außer Kontrolle geratener Algorithmus den 2010er Flash-Crash ausgelöst hat, sieht Ryan Riordan in dieser Episode kein taugliches Argument gegen Hochfrequenzhandel. Für den LMU-Forscher ist der Hochfrequenzhandel eine folgerichtige Fortsetzung einer Entwicklung, die am Ende der 1990er-Jahre begann.

Damals bekamen Banken und Börsenbetreiber weltweit Konkurrenz beim Wertpapierhandel. „Die hatten in diesem Bereich ein Monopol, und das war nicht länger haltbar“, stellt Riordan fest. Ab der Jahrtausendwende dann wurde in den USA, Europa und Asien der Wertpapierhandel für Firmen und Privatleute breit geöffnet. Gleichzeitig wurden Aufträge nicht mehr per Telefon oder Fax abgewickelt oder per Zuruf auf dem Börsenparkett. Rasch setzte sich durch, was heute Standard ist: Datenaustausch per Computer brachte Verkaufsangebote und Kaufgesuche zusammen. Gleichzeitig erkannten Wertpapierhändler: Wem es gelingt, An- und Verkaufsaufträge so schnell zu platzieren, dass es die Reaktionszeit von



Entschleunigung: Ryan Riordan versucht, die Mechanismen und Gefahren des Hochfrequenzhandels gelassen und gründlich zu analysieren. Vorschnelle Urteile seien wenig hilfreich, sagt der Wirtschaftswissenschaftler. Foto: Florian Generotzky

»Vor 20 Jahren waren die Programme noch recht simpel. Inzwischen kommen wir in Bereiche, in denen Algorithmen so agieren, wie es der Programmierer nicht vorgesehen hat.«

Menschen überfordert, der kann damit viel Geld verdienen. Der Hochfrequenzhandel war geboren.

Inzwischen läuft über HFT ein großer Teil der Aufträge an den internationalen Börsen. Dahinter stehen zum einen in der breiten Öffentlichkeit wenig bekannte Unternehmen, die sich auf ultraschnellen Handel spezialisiert haben, aber auch größere Finanzhäuser. Sie alle können auf verschiedene Weisen vom Hochfrequenzhandel profitieren.

Sie können es ausnutzen, wenn an verschiedenen Wertpapiermärkten Preisunterschiede auftreten. Inzwischen werden Preise etwa im Devisenhandel zwar weltweit nahezu in Echtzeit synchronisiert. Doch falls beispielsweise der US-Dollar an einem Handelsplatz einen Bruchteil einer Sekunde lang etwas billiger ist als an einem anderen Handelsplatz, kann es einem Hochfrequenz-Händler gelingen, von diesem Preisunterschied zu profitieren, bevor ein Mensch ihn überhaupt wahrnehmen würde. Denn HFT läuft mitunter innerhalb von weniger als einer Tausendstelsekunde. Schon seit Jahren platzieren Hochfrequenzhändler ihre Rechner direkt an Börsenhandelsplätzen, um auch die elektronische Übertragungszeit ihrer Orders auf ein Minimum zu verringern.

Neben dem Ausnützen von kleinsten flüchtigen Preisunterschieden können Hochfrequenzhändler die Algorithmen,

nach denen Computer automatisiert mit Wertpapieren handeln, so gestalten, dass sie Marktbewegungen extrem früh erkennen und darauf reagieren. Wenn etwa ein Großaktionär eines Unternehmens viele Papiere abstößt, sinkt üblicherweise der Preis, wenn auch oft nur für einen kurzen Moment. HFT-Algorithmen können hier weit schneller zugreifen als menschliche Händler.

Zugreifen in weniger als einer Tausendstelsekunde

Ein vor Einführung des Computerhandels nicht vorstellbares Vorgehen ist daneben das sogenannte „Pinging“. Dieser Begriff kommt aus der U-Boot-Technik: Mit einem Geräusch, dem „Ping“, und dessen Echo lassen sich etwa andere U-Boote oder Schiffe orten. Hochfrequenz-Händler geben beim Pinging in hohem Tempo Kaufangebote ab und stornieren sie sehr schnell wieder. Wenn etwa ein Investor plant, von einer bestimmten Aktie eine größere Position zu erwerben, lässt sich so herausfinden, was der höchste Preis ist, den dieser Investor zu zahlen bereit ist. Davon kann eine Firma, die HFT betreibt, entsprechend profitieren.

Riordan legt dabei Wert auf eine Unterscheidung: Es gebe illegale Praktiken, bei denen mit Techniken des Hochfrequenzhandels Marktbewegungen mani-

puliert werden, dazu gehören auch bestimmte Spielarten des Pinging. Davon getrennt zu betrachten sei der HFT, der von den Aufsichtsbehörden der verschiedenen internationalen Handelsplätze reguliert wird und der nach Riordans Einschätzung inzwischen aus dem Wertpapierhandel schwer wegzudenken ist.

Kritiker warnen schon seit Erfindung des Hochfrequenzhandels davor, dass er die Preise von Wertpapieren verzerrt, weil ja nicht Menschen die Entscheidungen über Kauf und Verkauf treffen, sondern Computeralgorithmen. Ryan Riordan ist allerdings bei aufwendigen Untersuchungen zu einem klaren Ergebnis gekommen: Hochfrequenzhandel kann helfen herauszufinden, was der Preis ist, der am besten die Interessen von Käufern und Verkäufern widerspiegelt.

Eine zentrale Kenngröße im Wertpapierhandel ist die sogenannte Geld-Brief-Spanne, auf Englisch „Spread“. Sie beziffert den Abstand zwischen Kauf- und Verkaufsangeboten. Wenn dieser Abstand groß ist, gibt es am Markt keine einheitliche Einschätzung, was der angemessene Preis eines Wertpapiers ist. Fachleute sprechen von einem „Rauschen“, das den eigentlichen Marktpreis überlagert.

Riordan wollte wissen, welchen Anteil das Rauschen bei einer Kursbewegung hat und welche Rolle der Hochfrequenzhandel dabei spielt. „Es hat sehr lange gedauert, bis wir das ausrechnen konnten“, erzählt er. „Denn es ist sehr schwierig, selbst einen Algorithmus zu entwickeln, mit dem sich unterscheiden lässt: Welchen Anteil an einer Kursbewegung haben Informationen, etwa über die Geschäftsentwicklung eines Unternehmens, und welchen Anteil hat das Rauschen?“

Das Ergebnis sei deutlich, für ihn aber auch überraschend gewesen, sagt Rior-



Im Rauschen des Marktes: Längst warnen Experten, dass Algorithmen zu viel Einfluss auf Börsendaten bekommen, nicht immer im Interesse einer adäquaten Preisfindung am Aktien- und Wertpapiermarkt. Nasdaq, Manhattan, New York. Foto: John Taggart/Redux/laif

dan: Der Hochfrequenzhandel verringert das Rauschen am Aktienmarkt wesentlich. HFT hat deshalb nach Riordans Einschätzung eine wichtige positive Rolle: Er verringert willkürliche Abstände zwischen Angebots- und Nachfragepreisen.

Eine Warnung vor Algorithmen außer Kontrolle

Beim Blick in die Zukunft des computer-gestützten Wertpapierhandels macht sich Riordan allerdings auch Sorgen. Er ist zwar überzeugt, dass Kontrollen, die in den vergangenen Jahren eingeführt wurden, um den Hochfrequenzhandel zu reglementieren, im Großen und Ganzen funktionieren. Doch die Entwicklung sei so rasant, dass es für Menschen immer schwieriger werde, die Maschinen zu bändigen. „Vor 20 Jahren waren die Pro-

gramme noch recht simpel“, sagt er und fährt fort: „Inzwischen kommen wir in Bereiche, wo Algorithmen so agieren, wie es der Programmierer eigentlich nicht vorgesehen hat.“ Es könne etwa geschehen, dass Preise vom Computerprogramm immer sofort nach unten gedrückt werden, wenn jemand ein Papier verkaufen will, und immer nach oben, wenn jemand Kaufinteresse zeigt. Das sei aber nicht im Interesse einer adäquaten Preisfindung am Wertpapiermarkt.

Und weil der Hochfrequenzhandel sozusagen blind auf Unternehmensnachrichten oder auch politische Nachrichten reagiert, werde das Schadenspotenzial von Falschmeldungen immer größer, warnt Riordan. Wenn Fake News in den Wertpapiermarkt eingespeist werden, bestehe die Gefahr, dass die Preise immer wieder völlig irrational nach oben oder unten springen. Das wiederum könne zu einer allgemeinen Unsicherheit an den Wert-

papiermärkten führen, fürchtet Riordan – mit weitreichenden Folgen: „Bei Verunsicherung ist die menschliche Reaktion erst einmal, nichts zu machen. Aber wir haben in Europa und gerade in Deutschland das Problem, dass beim Thema Wertpapiere viele Leute ohnehin schon nichts machen und nicht genug Menschen Geld in Aktien investieren.“

Prof. Dr. Ryan Riordan

ist Leiter des Instituts für Financial Innovation & Technology an der School of Management der LMU. Riordan, studierte Betriebswirtschaft an der Carleton University, Ottawa, Kanada. Promoviert wurde er mit einer Arbeit zu Economics of Algorithmic Trading am Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Er war Assistant Professor am University of Ontario Institute of Technology, Oshawa, Kanada, danach Full Professor an der Smith School of Business der Queen's University, Kingston, Kanada, wo er Forschungsdirektor des Institute for Sustainable Finance war, bevor er 2022 an die LMU berufen wurde.

Wahlkämpfer in eigener Sache

Der Soziologe Carsten Schwemmer erforscht die Arbeit von Influencern. Klingt nach Fitness und Schminke? Weit gefehlt. Inzwischen hat sich der Berufsstand politisiert – mit mehreren denkbaren Konsequenzen.

Von Felicitas Wilke

Die Petition von Johanna Röh lief schleppend. Als die Tischlerin und junge Mutter im Sommer 2022 versuchte, bei der Politik für einen Mutterschutz für Selbstständige zu werben, hatte sie eine Woche vor Ablauf der Frist erst 5.000 der erforderlichen 50.000 Unterschriften gesammelt. Dann stellte die Influencerin Marie Nasemann die Petition vor – und berichtete davon, wie sie selbst als schwangere Selbstständige, geplagt von schwerer Übelkeit, ihrer Arbeit nachgehen musste, weil es keinen Mutterschutz für sie gab. Andere Influencerinnen folgten ihrem Beispiel. Schon wenige Tage später hatte Röh die notwendigen Unterschriften beisammen. Sie konnte dank prominenter Hilfe mit ihrem Anliegen vor dem Petitionsausschuss des Bundestags vorsprechen.

Einblicke in den Alltag, oft subtil unterfüttert mit Werbebotschaften

Wie die Berufsbezeichnung schon verrät, üben Influencerinnen und Influencer einen – mitunter großen – Einfluss auf andere Menschen aus. Denn im Gegensatz zu Schauspielern aus der Fernsehwerbung wirken sie auf ihren Online-Kanälen meist authentisch und nahbar. Sie unterfüttern Einblicke in den eigenen Alltag oft subtil mit Werbebotschaften – und wecken auf diese Weise die Neugierde

der Follower auf das angepriesene Produkt. Und inzwischen nicht mehr nur darauf.

LMU-Professor Carsten Schwemmer erforscht schon seit einigen Jahren dieses vergleichsweise neue Berufsbild. Er sagt: „Die Inhalte von Influencern haben sich politisiert.“ Anfangs machten Influencer vor allem mit Beiträgen zu Mode, Musik oder Fitness auf sich aufmerksam. Inzwischen thematisieren immer mehr Menschen mit großer Reichweite in ihren Videos und Beiträgen die Gefahren des Klimawandels, Feminismus oder andere gesellschaftspolitische Fragen. Wissenschaftler Schwemmer interessiert, welche Inhalte diese „politischen Influencer“ teilen und ob es ihnen auf diese Weise gelingen kann, ihre Follower ebenfalls zu politisieren. Mit diesen Fragen setzt sich Schwemmer, der den Lehrbereich „Computational Social Sciences“ in der Soziologie der LMU leitet, in einem Pilotprojekt auseinander.

Doch keine wissenschaftliche Studie funktioniert ohne genaue Definitionen. Was also sind politische Influencer? „Je nach Lesart gehören auch Journalisten und sogar Politiker zu dieser Gruppe, können sie doch auch Einfluss nehmen auf die Wahlentscheidung anderer“, erklärt Schwemmer. Doch er selbst fasst den Begriff enger: Er konzentriert sich in seiner Arbeit auf Menschen, die in den Sozialen Medien als Privatperson in Erscheinung treten und wie konventionelle Influencer auch einen Einblick in ihren

Alltag geben. Im Unterschied zu ihnen sprechen sie dabei jedoch nicht (nur) über Lifestyle-Themen.

Ein Beispiel für eine solche politisierte Influencerin ist Marie Nasemann, die als Model bekannt wurde, aber sich nicht nur für den Mutterschutz für Selbstständige ausgesprochen hat, sondern auf ihrem Instagram-Profil etwa auch für gleichberechtigte Elternschaft wirbt. Auch Louisa Dellert erschloss sich neue Themen. Sie wandelte sich im Lauf der vergangenen zehn Jahre von der Fitnessinfluencerin zu einer auf Social Media präsenten Aktivistin für Nachhaltigkeitsfragen.

Ein CDU-kritisches Video machte ihn dem breiten Publikum bekannt

Der Youtuber Rezo, der auf seinem Kanal zunächst Musik und Comedy präsentierte, wurde einem breiten Publikum mit seinem Video „Die Zerstörung der CDU“ bekannt. Darin riet er vor der Europawahl 2019 explizit davon ab, die Christdemokraten zu wählen – und fand sich danach inmitten einer politischen Debatte über Klimaschutz und politische Teilhabe junger Menschen wieder.

Ein Thema für die Wissenschaft ist dieses Phänomen bislang offenbar selten gewesen, Arbeiten dazu gibt es nur wenige. „Allein schon die Tatsache, dass es keine einheitliche Definition für politische Influencer



„Personengruppen abholen, die sich bislang nicht für Politik interessieren, deren Teilhabe aber besonders relevant ist“: Genau darin liegt für Carsten Schwemmer die größte Chance, die in der Arbeit von politischen Influencern steckt. Foto: Stephan Höck



Auch politische Influencer wie Marie Nasemann verdienen ihr Geld oft über Kooperationen mit Unternehmen. Eine klare Grenze zwischen politischen und werblichen Inhalten lasse sich meist schwerlich ziehen, sagt Carsten Schwemmer. Foto: Marcus Brandt/picture alliance/dpa

cer gibt, erschwert die Forschung“, sagt Carsten Schwemmer. Der LMU-Soziologe hat im Vorfeld der letzten Bundestagswahl im Herbst 2021 zusammen mit seiner Mitarbeiterin Magdalena Riedl politische Influencer im Sinne seiner Definition identifiziert. Sie fanden sie mithilfe von Hashtags, die in sozialen Medien bestimmte Inhalte verschlagworten, und über ein Schneeballsystem: Viele politische Influencer sind miteinander vernetzt oder teilen gegenseitig ihre Inhalte. Im Anschluss analysierten sie mit Methoden aus der Informatik die Texte, Fotos und Videos dieser Personen.

Sie fanden heraus, dass die Meinungsmacher um die Bundestagswahl herum mehr politische Inhalte teilten. Wobei sich auch politische Inhalte unterschiedlich breit fassen lassen. „Vergleichsweise selten sprechen sie eindeutige Wahlempfehlungen für bestimmte Parteien aus“, sagt Schwemmer. Häufiger hingegen finden sich Aufrufe, überhaupt zur Wahl zu gehen, oder Beiträge, in denen Influencer für Produkte werben, die im weiteren Sinne als politisches Statement verstanden werden können – etwa für nachhaltige Mode. Denn auch politische Influencer verdienen ihr Geld oft über Kooperatio-

nen mit Unternehmen. „Es ist daher unmöglich, eine klare Grenze zu ziehen zwischen politischen und werblichen Inhalten“, sagt Schwemmer, „beides geht nahtlos ineinander über.“

Was ist echter Enthusiasmus, was einem lukrativen Werbevertrag geschuldet? Die Frage, die Konsumenten wie Forschende schon bei konventionellen Influencern mitunter ratlos zurücklässt, stellt sich auch bei politischen Influencern. Ob dieser aus Überzeugung für Nachhaltigkeit plädiert oder das Fair-Fashion-Modelabel einfach gut bezahlt, bleibt für die Follo-

wer ungewiss. So wie generell kaum erforscht ist, was politische Influencer antreibt. „Die Studien, die es dazu gibt, kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen“, sagt Schwemmer. Als ein Motiv gilt die Selbstdarstellung, als ein anderes der Wunsch, die eigene Reichweite zu nutzen, um andere zu politischer Teilhabe zu animieren.

Die größte Chance, die in der Arbeit von politischen Influencern steckt, liegt für Schwemmer genau darin, „Personengruppen abzuholen, die sich bislang nicht für Politik interessieren, deren Teilhabe aber besonders relevant ist.“ Er denkt dabei vor allem an junge Menschen. Studien und Umfragen zeigten, dass es authentische und persönliche Inhalte brauche, um junge Menschen mit Politik anzusprechen. Auch wünschen sie sich, dass ihnen Politik in einfachen Worten erklärt wird. „Beides ist die Stärke und das täglich Brot von Influencern“, sagt Schwemmer.

Influencer lassen viele an Werbung, Produktnähe und Kommerz denken

Kein Wunder, dass auch politische Parteien längst ausloten, wie sie die Macht politischer Influencer oder deren Methoden für sich nutzen können. Vor der letzten US-Wahl hat der Präsidentschaftskandidat Michael Bloomberg mit einer Influencer-Marketing-Agentur zusammengearbeitet und von ihr Memes generieren lassen. Ein Meme ist meist ein Foto mit humorigem Inhalt, das sich schnell im Internet verbreitet. „Auch in Deutschland lernen politische Parteien von Influencern, ihre Inhalte auf die Sozialen Medien anzupassen, oder nutzen selbst Personen, die Inhalte im ‚Influencerstil‘ teilen“, sagt Carsten Schwemmer. Die CSU beispiels-

»Politische Parteien lernen von Influencern, ihre Inhalte auf die sozialen Medien anzupassen, oder nutzen selbst Personen, die Inhalte im ‚Influencerstil‘ teilen.«

weise versuchte schon vor einigen Jahren mit einem eigenen Influencer eine Antwort auf das Rezo-Video zu geben – ernstete damals dafür allerdings eher Spott. Dennoch bekundete die Partei wiederholt ihr Interesse an der Arbeit von Influencern und postet weitere eigene Videos etwa auf TikTok.

Wie die potenziellen Wählerinnen und Wähler auf die Inhalte von Influencern reagieren, hat der Soziologe mit seinem Pilotprojekt ebenfalls erforscht. Er befragte drei Wochen nach der Wahl gut 1.100 Menschen zu ihrer Wahrnehmung von Influencern. Dabei zeigte sich: 72 Prozent kennen den Begriff, assoziieren ihn aber vor allem mit Begriffen wie „Werbung“, „Produkt“ oder „Geld“, anstatt mit politischen Inhalten. Der Einfluss von Social-Media-Persönlichkeiten auf die Wahlentscheidung ist demnach verglichen mit klassischen Medien wie TV, Zeitungen oder auch Wahlwerbung relativ gering. „In absoluten Zahlen sehen wir dennoch ein Potenzial, das groß genug wäre, um Wahlen zu entscheiden“, sagt Schwemmer.

Dieses Potenzial, warnt der Soziologe, könnten auch Menschen nutzen, die es sich zum Ziel machen, antidemokratische Inhalte zu teilen. Er hat zwar beobachtet,

dass sich ein Großteil der Meinungsmacher auf Social Media im demokratischen Spektrum aufhält – vor allem in der politischen Mitte und links davon. Doch zwischen ihnen tummeln sich auch Menschen, die extremistisches Gedankengut, Esoterik oder Verschwörungsideologien teilen. Als Beispiel nennt er Heiko Schrang mit dessen Youtube-Kanal und Instagram-Account.

Doch gerade weil es keine einfache Antwort auf die Frage gibt, ob politische Influencer neues Vertrauen in Politik schaffen können oder eher das Gegenteil erreichen, ist für Carsten Schwemmer die Europawahl im kommenden Jahr ein weiterer Prüfstein dafür, was sich Influencer an politischer Einflussnahme einfallen lassen.

Prof. Dr. Carsten Schwemmer

ist Professor für Computational Social Sciences am Institut für Soziologie der LMU. Schwemmer, Jahrgang 1988, studierte Soziologie an der Universität Bamberg, wo er auch promoviert wurde. Nach Stationen an der Universität Konstanz, am Weizenbaum-Institut, Berlin, der Universität Stuttgart und der Princeton University, USA, hatte er eine Vertretungsprofessur in Bamberg, danach war er Gruppenleiter am GESIS – Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften in Mannheim, bevor er 2022 an die LMU berufen wurde.

Eine Einheit von Leben und Werk

LMU-Philosoph Thomas Meyer hat eine neue Biografie über Hannah Arendt geschrieben. Im Interview erklärt er, welchen Reiz ihr Denken auch heute noch hat.



„Denkerin der Stunde“ – ein Etikett, das Hannah Arendt anhaftet. Was macht ihre Hauptwerke, die aus den 50er- und 60er-Jahren des vorigen Jahrhunderts stammen, in den Augen vieler so „aktuell“?

Meyer: In der Tat, sie ist 1975 gestorben, vor nahezu 50 Jahren. Sie ist also in einer ganz anderen Welt geboren, sie ist von Emigrationserfahrung, vom Kalten Krieg geprägt. Um mit dem Offensichtlichsten anzufangen: Es ist zunächst einmal ihr direkter Ton. Es gibt keine wissenschaftliche Distanz in ihren Werken, die sie zwischen Leserinnen und ihrer Prosa einbaut. Sie ist unmittelbar zugänglich, sie hat einen sehr klaren Stil, den man oftmals als leicht bezeichnet oder essayistisch. Sie ist auf Widerspruch aus. Das mögen viele Menschen eher, als belehrt zu werden, was man oft der akademischen Prosa zuschreibt. Sie ist die Erste, die 1951 unter dem Titel *The Origins of Totalitarianism* nicht nur einen Erklärungsversuch des Nationalsozialismus anbietet, sondern ganz aktuell auch noch den Kommunismus/Bolschewismus einbezieht. Sie beleuchtet auch die Vorgeschichten dieser beiden Bewegungen, die Gewaltgeschichte des Kolonialismus bis hin zum modernen Antisemitismus.

Sie liefert also eine erste Gesamtschau.

Meyer: Ja, und in *Elemente und Ursprünge totaler Herrschaft*, wie das Buch dann vier Jahre später auf Deutsch heißt, verschärft sie sozusagen noch mal diesen Aktualitätsbezug, indem sie es nahezu bis hin zur Absetzung Stalins fort-schreibt. Und der Band *Die Freiheit, frei zu sein* beginnt mit den Worten: ‚Mein Thema heute ist, so fürchte ich, fast schon beschämend aktuell.‘ Sie geht also anders als viele andere Denkerinnen und Denker das Risiko ein, fast auf den Tag hin zu schreiben. Und gleichzeitig weist sie allgemeine Strukturen aus, die man glaubt, im Heute wiedererkennen zu können: die Krise der Demokratie, Aufstieg autoritärer, totalitärer Systeme, die Flüchtlingsfrage, Einschränkung von Freiheiten. All das ist bei Hannah Arendt da.

Eine Aktualität im Sinne einer Problemlösung? Das bezweifle ich sehr

Und ist es tatsächlich anschlussfähig? Also: Ist es aktuell?

Meyer: Da bin ich sehr vorsichtig. Ich versuche zu verstehen, wie Menschen in ihrer Zeit gedacht und gehandelt haben. Die Übertragbarkeit von Ideen aus der Vergangenheit auf unsere Gegenwart, die mag uns helfen, uns zu orientieren. Aber dass sie eine Aktualität im Sinne einer Problemlösung bietet? Das bezweifle ich doch sehr.

In Hannah Arendts Biografie bündeln sich wichtige Linien der Geistesgeschichte des

20. Jahrhunderts. Obendrein mit einer Lebensgeschichte, die die historischen Brüche ihrer Zeit tief geprägt haben. Macht einen Teil des Arendt-Booms aus, dass vielen ihre Arbeiten durch Arendts eigene Biografie, ihr eigenes Schicksal beglaubigt erscheinen?

Meyer: Ganz genau, das ist tatsächlich der Punkt, auf den alles sternförmig zuzulaufen scheint. Hier gibt es keine Diskrepanz wie bei vielen anderen, die alles getan haben, um ihre Biografie hinter ihrem Werk zu verstecken, oder die wir heute in erster Linie biografisch lesen, wobei dann das Werk nahezu dahinter verschwindet. Wie etwa bei Martin Heidegger. Sein, wie es gerne heißt, Engagement für den Nationalsozialismus ist ein prominenter Moment. Und dann wird sein Werk, das ja immerhin über 60 Jahre Schreibaktivität bedeutet, quasi um dieses Ereignis herum angeordnet. Im Falle Arendt ist es genau anders. Es scheint unmittelbar ein Korrespondieren von Leben und Werk zu geben, sodass dieses ‚und‘ praktisch verschwindet und beides ineinander überzugehen scheint, mit all den Irrtümern, die sie begangen hat, wie man das heute sieht, mit allen Risiken. Hannah Arendt ist sozusagen ihr eigenes Werk in Praxis.

Welche Lebensstationen sind es, die ihre Erfahrung und ihr Engagement speisen?

Meyer: Sie studiert ab 1924 in Marburg bei Martin Heidegger, mit dem sie kurzzeitig auch eine Liebesbeziehung verbindet. Er gilt als der kommende Mann der deutschen Philosophie, alle wollen zu ihm. Und verstehen ihn nicht, aber er sei faszinierend, heißt es. Arendt verlässt



„Strukturen, die man glaubt, im Heute wiedererkennen zu können: die Krise der Demokratie, Aufstieg autoritärer totalitärer Systeme, Einschränkung von Freiheiten, die Flüchtlingsfrage. All das ist bei Hannah Arendt da“, sagt Biograf Thomas Meyer. Foto: Picture Alliance/dpa/UPI

ihn, geht 1927/28 nach Heidelberg zu Karl Jaspers, in dessen Selbstwahrnehmung und auch nach heutiger Lesart so etwas wie der Antipode Heideggers. Beide ringen um das, was man später Existenzphilosophie nennen wird, beide versuchen in den 1920er-Jahren die Philosophie neu zu begründen, wählen dazu radikale existenzialistische Ansätze.

Auch das nur eine Station.

Meyer: Ja, es folgte eine Politisierung: Nach der Promotion geht Hannah Arendt nach Frankfurt und lernt bei dem Soziologen Karl Mannheim und in seinem Umfeld ein völlig anderes Arbeiten kennen. Die Weimarer Republik endet um 1930: Inflation, Arbeitslosigkeit, Parlamentarismuskrisis, Aufstieg der Nationalsozialisten. Hannah Arendt schlägt sich hier publizistisch und auch aktivistisch auf die einzige Seite, die ihr noch bleibt, da man ihr Deutschsein nicht mehr akzeptieren möchte: nämlich auf die jüdische Seite. Sie emigriert 1933 über Prag nach Genf und weiter nach Paris, wo ihr erster Ehemann Günther Stern, den wir heute als Günther Anders kennen, bereits auf sie wartet. Und dann stürzt sie sich in das, was sie ‚soziale Arbeit‘ nennt: die Kinder- und Jugend- Alijah, die Verbringung von Kindern und Jugendlichen nach Palästina, um sie zu retten. Das macht sie bis Ende September 1939. Danach die Flucht aus zwei Lagern und die Emigration mit ihrem zweiten Ehemann Heinrich Blücher über Lissabon 1941 nach New York.

Arendt war Hochschullehrerin, Autorin, Journalistin, Rednerin im Nachkriegsamerika, umworbene Vorzeige-Intellektuelle dann auch später in Deutschland. Zieht das auch heute noch, weil es eine gewisse Sehnsucht nach Public Intellectuals gibt?

Meyer: Hannah Arendt war tatsächlich lange Zeit nahezu die einzige kanonisierte weibliche Intellektuelle, Philosophin, politische Theoretikerin. Sie hat den Nimbus,

»Es scheint unmittelbar ein Korrespondieren von Leben und Werk zu geben. Hannah Arendt ist sozusagen ihr eigenes Werk in Praxis.«

fast immer die Erste gewesen zu sein. Außerdem war sie lange Zeit eine ‚sozial freischwebende Intellektuelle‘. Sie bekam in den USA relativ schnell eine Professur angeboten und sagte Nein. Sie habe so viel zu erledigen, das nur außerhalb der Universität sagbar und machbar sei. Da war sie lange Zeit Role Model. Es gibt eine Stilisierung schon zu Lebzeiten durch Schülerinnen und Schüler, auch durch Freundinnen und Freunde, die ihr den Rang des Außergewöhnlichen zuschreiben. Die Schriftstellerin und Essayistin Susan Sontag indes gehörte zu den Ersten, die Hannah Arendt scharf kritisierten, weil sie nie die Frauen gefördert hat. Also ambivalent mindestens, darum: ja und nein.

Eine Art Gegenerzählung zur Erfolgsgeschichte der jüdischen Emanzipation

Sie schreiben im Vorwort, Sie hätten sich ‚dafür entschieden, einen Schritt zurückzutreten und Hannah Arendts Leben und Werk nahezu vollständig in ihrer Zeit darzustellen‘. Warum?

Meyer: Es kann gar nichts schaden, wenn man mal faktenbasiert über Hannah Arendt spricht. Ich meine damit ganz simple Dinge wie: Aus welcher Familie kommt sie? Welchen Background hat sie, welche Schulgeschichte? Gibt es wirklich in Marburg nur Martin Heidegger und den Theologen Rudolf Bultmann? Was tut sie eigentlich in Paris, wenn sie da so viele Jahre ist? Ich nenne Ihnen ein simples Beispiel, das mich immer verwundert hat. Es hieß immer: In Paris lernte Hannah Arendt Jean-Paul Sartre, Simone de Beauvoir und Albert Camus kennen. Klar, die saßen ja 24/7 in Cafés herum. Bei dem leisesten Antippen in den Archiven stellt sich heraus: Nein, alles nicht wahr, immer sehr schön ausgedacht. Hannah Arendt hat Camus erst in Amerika ken-

nengelernt und dann nur noch einmal ganz kurz nach 1950 in Paris getroffen. Die Biografie stellt, wenn Sie so wollen, für künftige Interpretationen sehr viel Material zusammen. Also: Wie ist der Fluchtweg Hannah Arendts? Über Prag nach Genf? Das ist keine normale Route. Wer hilft ihr? Wie sind die Anfänge in Paris, hat sie gleich einen Flüchtlingsstatus? Wie steigt sie dort in das Exilleben ein? Wie kommt sie in die jüdischen Organisationen? Was ist ihre Tätigkeit? Das sind keine Dinge, die irgendwie nebensächlich sind, sondern eigentlich für jede Biografie grundlegend.

Sie haben die Jahre in Paris und dann in den USA mit Leben und neuen Fakten befüllt. Sie beschreiben geradezu akribisch die Blasen, würde man wohl heute sagen, in denen sich Hannah Arendt bewegt hat.

Meyer: Ich wollte auch Menschen ins Spiel bringen, die man entweder nicht kennt oder allenfalls ganz am Rande mit Hannah Arendt in Verbindung bringt – die aber gleichwohl über Jahre hinweg zentral für Hannah Arendts Wirken und Tun waren. Der Politikwissenschaftler und Publizist Waldemar Gurian etwa ist eine Person, über die es bis zum heutigen Tag exakt zwei Bücher gibt. Aber ohne den Austausch mit ihm hätten wir dieses monumentale Werk *Elemente und Ursprünge totaler Herrschaft* bis zum heutigen Tag nicht vor uns liegen. Es ging mir also darum, die Szene ein wenig anders auszuleuchten. Und dann sind es eben nicht Heinrich Blücher, die eng befreundete Schriftstellerin Mary McCarthy und

die ewigen Happy Few, die da bei Martinis um Hannah Arendt herumstehen wie in dem Film von Margarethe von Trotta.

Sie sprechen von einem ‚monumentalen Werk‘ sicher nicht nur, weil es gut 1.000 Seiten hat. Womit war Hannah Arendt mit dem Buch ihrer Zeit voraus?

Meyer: Es ist, wie schon gesagt, der frühe Versuch der Gesamtschau – und das Crossover der Disziplinen. Sie geht einerseits als Historikerin vor und versucht mit der Geschichte des modernen Antisemitismus im 18. Jahrhundert eine Art Gegenerzählung zu der Erfolgsgeschichte der jüdischen Emanzipation zu erzählen. Soziologisch fragt sie sich: Welche Schichten treffen da aufeinander? Die jüdische Welt wird Arendt zufolge früh aufgespalten in solche, die teilhaben können, weil sie in irgendeiner Weise Funktionen für die bürgerliche Gesellschaft haben, und alle anderen.

Der Beginn der Ausgrenzung.

Meyer: Ja, damit entsteht eine Pluralisierung von Judenheiten, nicht nur konfessionell, sondern auch in Einkommenschichten, in der Lebensführung, die es der bürgerlichen nichtjüdischen Gesellschaft auch ermöglicht, bestimmte Gruppen zu Freunden und andere zu Feinden zu erklären. Das radikalisiert sich. Dann kommt die politische Theoretikerin, die die Historikerin und die Soziologin braucht, um zu verstehen, wie die kapitalistische Welt in dieses Moment einbricht. Für Hannah Arendt sind Kapitalströme auch immer Gewaltströme. Kapi-

talströme brauchen immer mehr Platz, sie brauchen Expansion, sie müssen ständig neue Ressourcen entdecken. Es beginnt der Kolonialismus und mit ihm eine Geschichte der Gewalt, die sich verselbstständigt – und fortlaufend steigert, bis hin zu den Konzentrations- und Vernichtungslagern der Nationalsozialisten.

Ein solches Zusammenziehen von Stalinismus und Nationalsozialismus missachte den singulären Charakter der Judenvernichtung, lautet eine gängige Kritik.

Meyer: Das ist eine Figur, die vor allem später in der sogenannten Eichmann-Kontroverse mobilisiert wird. Ich bin da jedes Mal überrascht. Ich kann aus meinen Lektüren nur ableiten, dass sie die sogenannte Singularitätsthese, neben einigen anderen wie den Historikern Léon



Prof. Dr. Thomas Meyer lehrt Ideengeschichte und Philosophie des 19. und 20. Jahrhunderts an der LMU. Er hat mehrere Schriften Hannah Arendts ediert. Sein Buch *Hannah Arendt. Die Biografie* ist Ende September im Piper Verlag, München, erschienen. Foto: Frank Rumpenhorst/Picture Alliance/dpa

Poliakov und Raul Hilberg, überhaupt erst eingeführt hat. In dem berühmten Fernsehinterview mit Günter Gaus 1964 hat sie ihr die kürzestmögliche Fassung gegeben. Sie sagt dort, es habe sich ein Abgrund aufgetan, über den wir alle nicht mehr hinwegkommen. Da ist etwas geschehen, wie sie sagt. Das Beunruhigende ist für sie, dass Menschen dazu in der Lage waren, das durchzuführen, wovon wir alle nicht mehr hinwegkommen werden. Das Böse zeige sich in seiner radikalen Leere, im reinen Vernichtungswillen. 1961 hat Hannah Arendt in Jerusalem den Prozess gegen den NS-Schreibtischtäter Adolf Eichmann begleitet – und in Zeitungsreportagen und dem Buch *Eichmann in Jerusalem* davon berichtet, wie er über seine Taten Zeugnis ablegen musste. In der Art und Weise, wie er über diesen Abgrund spricht – das ist dann mit dem berühmten und berüchtigten Wort die pure Gedankenlosigkeit.

Die ‚Banalität des Bösen‘.

Meyer: Ja. Ich denke, dass Arendts Rolle in ihrem Schreiben über Eichmann vielleicht am besten mit dem schwierigen Wort der Tabubrecherin zu bezeichnen ist. Sie hat etwas öffentlich gemacht, und zwar durchaus verletzend. Keine zeitgenössische Kritik daran von jüdischer Seite würde ich auch nur in Ansätzen beiseitewischen wollen. Es muss schockartig für Überlebende der Lager und Angehörige der dort Ermordeten gewesen sein, diese Texte im *New Yorker* zwischen Reklame für Limonade und Reizwäsche lesen zu müssen. Wir heute haben einen Abstand dazu, das ist ein Vorteil. Wir können sehen, dass Hannah Arendt so ungeschminkt und so hart zu sich selbst und den anderen, die diesen Massentöten überlebt haben, sein wollte, wie sie glaubte, es aus der Kenntnis der historischen Zusammenhänge sein zu können.

Interview: Martin Thureau

Arbeiten am Begriff



„Haben wir nicht andere Probleme als Begriffe?“ Diese Frage stellt sich Armin Nassehi in der Einleitung „angesichts der grundlegenden Krisenerfahrungen unserer Zeit“ lieber schon mal selbst. Das ist keineswegs ein rhetorischer Move, sondern zielt direkt auf den Kern seines Vorhabens: „Es stehen Debatten bevor, die vielleicht mehr als je zuvor auch begriffshygienische Maßnahmen erfordern, damit man weiß, worüber man redet“.

Und so macht sich Nassehi Soziologe an die „Arbeit an den Begriffen“: Demokratie, Gleichheit, Identität, Macht, Öffentlichkeit – knapp 20 *Gesellschaftliche Grundbegriffe*, so der Titel seines neuen Buches, nimmt sich der Soziologe vor. Es sind allesamt Begriffe, die die öffentlichen Debatten füllen und die jeder wie selbstverständlich benutzt, weil er meint, davon eine klare Vorstellung zu haben.

Doch was Armin Nassehi zu jedem dieser Schlagworte entfaltet, ist weit mehr als eine präzise Definition. Er zeichnet ihre Ideengeschichte nach und beschreibt vor allem ihre Funktion in gesellschaftlichen Auseinandersetzungen, welchen Twist sie je nach Lesart dem öffentlichen Diskurs geben. So entsteht ein mehrschichtiges Glossar der öffentlichen Rede. (math)

Armin Nassehi: *Gesellschaftliche Grundbegriffe. Ein Glossar der öffentlichen Rede*. Verlag C.H.Beck, München 2023, 399 Seiten, 29,90 Euro



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

Die Zukunftsfrage

Wie lassen sich unsere Schulen retten?

Uta Hauck-Thum, Professorin für Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik an der LMU: „Damit Schulen die aktuellen Herausforderungen meistern können, gilt es Lehr-, Lern- und Prüfungssetting grundlegend zu verändern, damit Kinder Kompetenzen erwerben können, die sie zur aktiven Teilhabe an der digitalen Welt befähigen. An den Veränderungsprozessen müssen unterschiedliche Akteurinnen und Akteure beteiligt und vernetzt werden – damit meine ich Lernende, Lehrende, Eltern, Schulleitungen, Schulaufsicht, Schulträger und externe Partnerinnen und Partner – um Schule gemeinsam zu gestalten. Im Rahmen des Projekts CoTransform machen wir sozusagen die Probe aufs Exempel: In Freising begleite ich aktuell 20 Grundschulen bei diesem Prozess in ein zukunftsgerichtetes Bildungssystem.“

Ludger Wößmann, Inhaber des Lehrstuhls für Volkswirtschaftslehre, insb. Bildungsökonomik an der LMU und Leiter des ifo Zentrums für Bildungsökonomik: „Seit über zehn Jahren weisen die schulischen Leistungen in vergleichbaren Tests in Deutschland einen deutlichen Negativtrend auf, und die Coronapandemie hat zusätzliche Lernlücken hinterlassen. Gleichzeitig sind die Bildungschancen für Kinder mit verschiedenen familiären Hintergründen extrem ungleich verteilt. Letztlich erreicht mehr als ein Sechstel der jungen Menschen keinen berufsqualifizierenden Abschluss. Weil die erlernten Kompetenzen und Fähigkeiten die Grundlage unseres zukünftigen Wohlstands sind, muss dringend ein neuer PISA-Schock durchs Land gehen. Die Verbesserung der schulischen Ergebnisse muss in Politik, Verwaltung, Schulen und Familien oberste Priorität haben.“

Lesen Sie im nächsten Heft ein ausführliches Gespräch zur Zukunft der Schulen.

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

Dominic Anders (doa), Janosch Deeg, Claudia Doyle, Hubert Filser (huf), Bernd Graff, Nikolaus Nützel, Stefanie Reinberger, Jan Schwenkenbacher, Martin 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

www.lmu.de/einsichten

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



LUDWIG-
MAXIMILIANS-
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

Das ideale
Feld für Ihre
Forschung.



www.lmu.de/forschung



Einsichten
jetzt auch als E-Paper:



Einsichten im Internet: www.lmu.de/einsichten
Einsichten im Abonnement: www.lmu.de/einsichten/abo