



Wir Krisenmanager

Domestikation: Die Spur der frühen Gene

Deepfakes – „Albtraum an Desinformation“

Holocaust: Erben der Erinnerung



Die neue Ordnung der Dinge: Immer der Reihe nach durchs Impfzentrum. Wie sicher bringt uns das Impfen durch die Krise? Foto: Kay Nietfeld/pa

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

bei der Suche im Netz gehen die Treffer für das Stichwort „Krise“ schnell in die Millionen. Krise – das ist viel mehr als ein Modewort, es ist ein Leitbegriff. Es sieht so aus, als sei der Ausnahmezustand in unserer heutigen Gesellschaft längst der Normalfall. Ist die Krise tatsächlich so etwas wie eine Signatur der Moderne? Dafür zumindest spricht die dichte Folge von Turbulenzen, die seit der Jahrtausendwende aufkamen – von den Finanzkrisen bis zum Klimawandel. Und spätestens die langen Monate der Pandemie haben uns gezeigt, wie schnell gesellschaftliche Konstanten außer Kraft gesetzt sind und Routinen nicht mehr greifen.

Doch was lässt sich aus dieser und all den anderen Krisen lernen? Gibt es bei allen wesentlichen Unterschieden doch etwas Verbindendes? Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler analysieren in der neuen Ausgabe des Forschungsmagazins *Einsichten* Rahmenbedingungen und Mechanismen ganz verschiedener Formen von

Krisen. Wir haben dem Heft den optimistischen Titel *Wir Krisenmanager* gegeben. Denn die Beiträge sollen auch skizzieren, wie die Wege aus den Krisen aussehen könnten.

Der Politikwissenschaftler Klaus H. Goetz und der Soziologe Armin Nassehi diskutieren die Rolle der Politik, die Herausforderung an sie, einfachen Lösungsversprechen zu begegnen und unter Unsicherheit handeln zu müssen. Die Volkswirtin Monika Schnitzer sieht Innovationskraft als wichtigsten Impulsgeber für ökonomische Bewältigungsstrategien. Der Psychiater Peter Falkai berichtet davon, was hilft, mit persönlichen Krisen fertigzuwerden. Der Althistoriker Martin Zimmermann untersucht, wie schon antike Stadtgesellschaften auch im Bewusstsein der Krise aufblühten. Und der Biochemiker Julian Stinglele erforscht das Wesen der Krise in einem ganz anderen Kosmos: Er analysiert, wie biologische Zellen Schäden an der Erbsubstanz beheben.

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

Inhalt



Mit Entschlossenheit durch die Krise

16



Opfern, um die Katastrophe zu verhindern

34

- 6 **Aktuelles aus der Forschung**
Wann der Wolf zum Hund wurde: Laurent Frantz verfolgt die Spur der frühen Gene – Meldungen

- 16 **Schwerpunkt: Wir Krisenmanager**

- 18 **Mehr Unsicherheit wagen**
Wenn die Routinen nicht mehr funktionieren: Wie können moderne Gesellschaften mit grundlegenden Erschütterungen umgehen? Ein Gespräch

- 25 **Lust auf Neues**
Gestärkte Abwehrkräfte: Warum Innovationen die Wirtschaft weniger krisenanfällig machen

- 30 **Geisteskräfte**
Wege aus dem seelischen Tief: Was die menschliche Psyche krank macht - und was den Betroffenen aus ihrer Not hilft und ihre Resilienz stärkt

- 34 **Im Angesicht des Untergangs**
Aufstrebende antike Gesellschaften lebten mit dem ständigen Gefühl existenzieller Bedrohung – über Aufbruchstimmung und Krisenbewusstsein im Altertum

- 40 **In der Wartungsschleife**
Molekulare Krisenabwehr: Laufend müssen biologische Zellen aus eigener Kraft Schäden an ihrem Erbgut beheben



Das Uhrwerk des Organismus erforschen

46



Den Überlebenden ein Gesicht geben

58

- 46 **Leben im Takt**
Die innere Uhr und der Rhythmus des Stoffwechsels in den Zellen
- 52 **Im Datenuniversum**
Vom Urknall in die Zukunft – Simulationen zeigen, wie sich der Kosmos entwickelt
- 58 **Erben der Erinnerung**
Vom Ende der Zeitzeugenschaft und der Zukunft des Holocaust-Gedenkens. Ein Gespräch mit Michael Brenner, Kim Wünschmann und Mirjam Zadoff

Titelbild: »Super Nurse«, Graffiti in Amsterdam, Niederlande, April 2020. Foto: Paulo Amorim/Imago Images

Rubriken

- 3 **Editorial**
- 11 **Die Dolmetscherin:** Olivia Merkel über »Nanocarrier«
- 14 **Unterhaltung mit:** Viorela Dan über Deepfakes
- 68 **Büchertisch**
- 70 **Die Zukunftsfrage**
Nach Corona: Wie können wir unseren Kindern ihre Jugend zurückgeben?
- 70 **Impressum**

Aktuelles aus der Forschung



Eruption um Eruption in langer Serie: der Vulkan Kilauea,
hier im Juni 2018, Oahu, Hawaii, USA. Foto: USGS/Polaris/Laif



Erdbeben sagen den Eruptionsstil voraus

Spektakulär sind Vulkanausbrüche immer, ob ein Ausbruch jedoch für Menschen und nahe liegende Siedlungen bedrohlich wird, hängt von der genauen Art der Eruption ab. Manche Ereignisse sind vergleichsweise wenig dramatisch, wenn nämlich heiße dünnflüssige Lava, die wenig Gas und wenig Kristalle enthält, langsam durch Spalten aus dem Erdinneren fließt. Doch es gibt auch explosive Ausbrüche. Dann schleudert ein Vulkan zähflüssige Lava mit riesigen Gesteinsbrocken unter hohem Druck aus seinem Schlot, meist verbunden mit Glut- und Aschewolken, die kilometerhoch in den Himmel schießen oder die Hänge hinabrasen.

Je explosiver ein Ausbruch ist, umso gefährlicher ist er in der Regel. Daher versuchen Vulkanologen seit Langem, den Eruptionsstil vulkanischer Ereignisse vorherzusagen. Nun ist einem internationalen Team unter Beteiligung von LMU-Forschern hier ein großer Fortschritt gelungen. Sie konnten zeigen, dass bestimmte seismische Signale Stunden oder Tage vor einem Ereignis unmittelbar mit der Viskosität des im Vulkanschlott aufsteigenden Magmas korrelieren. Dünnflüssiges Magma löst beim Aufstieg aus der Magmakammer andere seismische Wellen aus als zähflüssiges Material. „Wir hoffen, damit explosive von weniger gefährlichen Eruptionen unterscheiden zu können“, sagt LMU-Vulkanologe Donald Dingwell.

Die Forscher untersuchten eine Ausbruchsserie des Vulkans Kilauea auf Hawaii aus dem Jahr 2018 mit insgesamt 24 Eruptionen. „Das war damals ein richtiges Schauspiel“, erinnert sich Dingwell. „Jeder Ausbruch hatte ein leicht anderes Muster, der Stil der Eruption änderte sich von explosiv bis eher harmlos.“ Das Magma ein und desselben Vulkans kann sich in seiner chemischen Zusammensetzung, im Gehalt an Kristallen, Siliziumdioxid oder Gasbläschen ständig ändern, den Faktoren, die die Viskosität des Magmas bestimmen. Die Analysen konnten US-Kollegen nun mit ihren eigenen seismischen Felddaten korrelieren. „Diese Verknüpfung zwischen Viskosität des Magmas und Seismizität ist bislang einmalig“, sagt Dingwell.

Auf den überraschenden Zusammenhang stießen die Forschenden bei der Auswertung einer bestimmten seismischen Komponente – Wissenschaftler nennen sie „fault plane solution“, eine Art Tensor, der die Hauptorientierung einer seismischen Quelle anzeigt. Bis zu einer gewissen Viskosität des Magmas war der Tensor in einer bestimmten Ebene ausgerichtet. Stieg diese weiter an, wurde also das Magma zähflüssiger, verschob sich die Ausrichtung des Tensors schlagartig um 90 Grad. Offenbar gebe es im Magma eine massive Rotation des Spannungsfeldes, die man unmittelbar im Signal sehen könne, so Dingwell. Damit habe man eine völlig neue Möglichkeit, das Gefahrenpotenzial eines Ausbruchs von außen mithilfe eines ausgefeilten seismischen Netzwerks rund um gefährliche Vulkane abschätzen und die Menschen rechtzeitig warnen zu können. (huf)

Nature, April 2021

Die Spur der frühen Gene

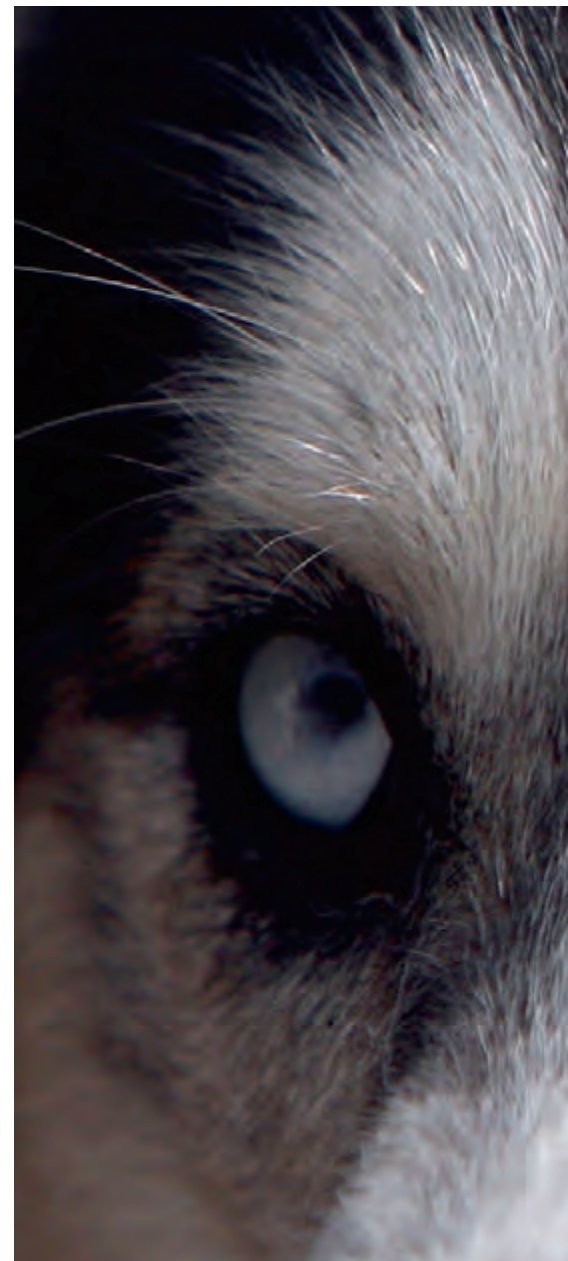
Wann und wo wurde der Wolf zum Hund? Diese Frage lässt sich noch immer nicht eindeutig beantworten. Der Paläogenomiker Laurent Frantz nutzt DNA-Überreste aus Zehntausende Jahre alten Funden und Techniken der modernen Genetik, um die Domestikation von Haustieren zu untersuchen.

Sie tragen Namen wie Grauwind oder Geist. Und für Fans von *Game of Thrones* sind sie „majestätisch, loyal und gehorsam“: Mit den riesenhaften „Schattenwölfen“ erzählt die Serie die ganz eigene Geschichte einer Domestikation – Fantasy eben. Die längst ausgestorbenen Tiere jedenfalls, die den Fabelkreaturen Pate standen, dürften alles andere gewesen sein als treue Begleiter. *Canis dirus*, zu Deutsch „schrecklicher Hund“, war vermutlich kaum zähmbar. Bis zu seinem Aussterben vor rund 13.000 Jahren war er in Nordamerika weitverbreitet. Man ging bisher davon aus, dass er mit Wölfen eng verwandt war. *Canis dirus* sah ihnen sehr ähnlich, auch wenn er größer war und einen kräftigeren Kiefer hatte. Doch Laurent Frantz konnte nun mit aufwendigen genetischen Analysen zeigen, dass da nicht viel dran ist. Doch wie sehen die Abstammungslinien tatsächlich aus? Und vor allem: Wann und wo wurden Wölfe das erste Mal zu Hunden domestiziert? Das sind Fragen, an denen der Professor für Paläogenomik der Haustiere forscht. Er analysiert dafür Überreste von Erbmaterial, das sich noch aus jahrtausendealten Funden isolieren lässt, und vergleicht diese „alte“ DNA mit der genetischen Aus-

stattung heute lebender Tiere. So lassen sich Verwandtschaftsbeziehungen aufklären und evolutionäre Prozesse wie anthropogene Selektion, das Entstehen und Aussterben von Arten sowie die Domestikation über die Zeit verfolgen. Solche Fragen untersucht Frantz nicht nur für Hunde, sondern ebenfalls für andere Haustiere wie Schweine, Hühner, Katzen, Rinder und Schafe.

Der Schattenwolf jedenfalls hat keine genetischen Spuren in heute lebenden Tieren hinterlassen: Im Rahmen einer großen internationalen Kooperation gelang es Frantz, das Erbgut von fünf teilweise mehr als 50.000 Jahre alten subfossilen *Canis dirus*-Überresten zu entschlüsseln. Dabei zeigte sich zur Überraschung der Forscher, dass heutige Wölfe trotz der äußerlichen Ähnlichkeit bestenfalls entfernte Cousins von *Canis dirus* sind: Der war das letzte Mitglied einer ausgestorbenen Abstammungslinie, die sich vor rund sechs Millionen Jahren abgespalten und völlig unabhängig von heutigen Wölfen entwickelt hatte. „Die genetischen Unterschiede sind so groß, dass sich *Canis dirus* vermutlich nicht mit anderen Hundartigen wie Kojoten oder Wölfen fortpflanzen konnte“, sagt Frantz. „Um sich so stark zu unterscheiden, muss das Tier in Nordamerika lange isoliert gewesen sein.“

Aber welche der im späten Pleistozän in ganz Eurasien verbreiteten Wölfe waren die Urahnen unserer heutigen Haushunde? Sicher ist: Der Hund begleitet seine Besitzer seit mindestens 15.000 Jahren – schon deutlich bevor die ersten Menschen im Nahen Osten sesshaft wurden und begannen, Ziegen, Schafe oder Rinder zu halten. „Das ist auch einer der Gründe, warum der Ursprung der Hunde so schwer zu fassen ist“, sagt der Paläogenomiker. „Da die Menschen noch keine dauerhaften Siedlungen bewohnten, gibt es nicht viele Überreste aus archäologischen Stätten.“ Frantz arbeitet unter anderem eng mit Archäologen, Paläontologen und Histo-



rikern aus aller Welt zusammen. Ihre Erkenntnisse helfen, den zeitlichen, sozioökonomischen und ökologischen Kontext der Fundorte zu verstehen, und tragen wie Puzzelstücke zu einem Gesamtbild bei.

Aktuell deutet für Frantz alles darauf hin, dass die Domestikation der Hunde vor etwa 23.000 Jahren in Sibirien stattgefunden hat. Hinweise darauf fand er gemeinsam mit Kollegen durch Erbgutanalysen von 71 frühen Hunden aus archäologischen Fundstätten in Amerika. Diese Daten zeigten, dass alle Tiere zu einer heute ausgestorbenen genetischen Linie gehören und nicht von Wölfen des amerikanischen Kontinents abstammen. Stattdessen sind sie mit fossilen Hunden



Der Hund, der aus der Kälte kam: Der Alaskan Malamute, eine moderne Rasse von Schlittenhunden, stammt vom Polarkreis. Womöglich, sagt Laurent Frantz, wurden Hunde in Sibirien schon vor rund 10.000 Jahren zum Schlittenziehen genutzt. Foto: China Photos/Getty Images

verwandt, die in Sibirien gefunden wurden. „Wir gehen davon aus, dass die ersten Amerikaner ihre Hunde von dort mitbrachten, als sie vor 20.000 Jahren in die Neue Welt einwanderten“, so Frantz. Dafür sprechen auch genetische Analysen menschlicher Überreste aus dieser Zeit, die dieselben Wanderungsbewegungen widerspiegeln, wie sie die Forscher auch für die Hunde annehmen. Zur Zeit des letzten glazialen Maximums vor 23.000 bis 19.000 Jahren muss es in Sibirien demnach domestizierte Hunde gegeben haben. Da das Land sehr dünn besiedelt war und die Menschen isoliert lebten, halten die Forscher es für unwahrscheinlich, dass Hunde von einem anderen Ort dorthin gekom-

men sein könnten. „Die rauen klimatischen Bedingungen – es war extrem kalt und trocken – und die Isolation könnten dazu beitragen haben, dass sich Menschen und Wölfe näher gekommen sind“, vermutet Frantz. Von Sibirien aus haben sich die Hunde dann mit ihren Besitzern über den Globus verbreitet und waren vor 11.000 Jahren bereits stark diversifiziert: Anhand des Erbmaterials von 27 Hunden aus prähistorischen Funden in Europa, dem Nahen Osten und Sibirien wies Frantz gemeinsam mit einem internationalen Team fünf verschiedene Abstammungslinien nach – ein weiterer Beweis dafür, dass ihre Domestikation lange zuvor stattgefunden haben muss. Der Abgleich mit 17 Pro-

ben menschlicher DNA aus denselben Zeiten und Fundstätten zeigt deutliche Parallelen und unterstreicht, dass Mensch und Hund gemeinsam unterwegs waren. So wurden etwa die ersten Bauern, die von der Levante aus nach Europa und Afrika wanderten, von ihren Hunden begleitet. Aber die Migration erfolgte nicht immer parallel: Die Einwanderung von Steppenvölkern aus dem Osten während der Bronzezeit etwa hat sich zwar in den Genen der Europäer deutlich niedergeschlagen – nicht aber in denen ihrer Hunde. Womöglich waren in diesem Fall einheimische Rassen im Vorteil, weil sie besser angepasst oder weniger anfällig gegen Infektionskrankheiten waren.

Solche umfangreichen paläogenomischen Studien wären undenkbar ohne Fortschritte bei molekularbiologischen Methoden. Dazu gehören etwa verbesserte Techniken, alte DNA aus stark degradierten Proben zu gewinnen. Alte Erbsubstanz zu erforschen, gleicht oft noch der sprichwörtlichen Suche nach der Nadel im Heuhaufen: DNA ist kein sehr stabiles Molekül und wird nach dem Tod abgebaut. Ob etwa Knochen verwertbares Material enthalten, ist schwer vorherzusagen und hängt auch vom Fundort ab: „Wenn ein Mammut in der Arktis starb, war es bald eingefroren. Im Eis bleibt DNA viel besser erhalten als etwa im Dschungel. Es ist ein großes Fischen: In unseren Labors zum Beispiel haben wir aus rund 1.500 Hundeknochen etwa 20 Genome erhalten.“

Die Einführung von Hochdurchsatzverfahren – das sogenannte Next Generation Sequencing – hat die Entschlüsselung von Erbsubstanz in den vergangenen zehn Jahren revolutioniert. Die verfeinerten Methoden ermöglichen erstmals die schnelle und kostengünstige Analyse von Millionen von DNA-Fragmenten gleichzeitig. Zudem können nun auch viel kleinere DNA-Fragmente analysiert werden – gerade für die Analyse alter DNA, die oft schon in Bruchstücke zerfallen ist, ist dies ein wichtiger Vorteil.

Aber die neuen Möglichkeiten, so betont der Forscher, haben auch neue Herausforderungen mit sich gebracht, vor allem weil enorme Datenmengen erzeugt werden. Manche Kollegen überlegten, nicht die Daten, sondern lieber die Proben selbst einzulagern, da diese erneut zu sequenzieren billiger sei als die Datenspeicherung. „Neben dem Problem der Speicherung stehen wir außerdem vor algorithmischen Fragen: Wie geht man mit so vielen Daten um?“ München biete für das erforderliche Supercomputing eine sehr gute Infrastruktur und sei auch deshalb ein guter Ort für diese Art von Forschung, meint Frantz, der von London im September 2020 an die LMU wechselte.

„Eine der größten Überraschungen bei unseren Untersuchungen war für mich, dass wir

seit 10.000 Jahren praktisch keinen Genfluss von Wölfen zu Hunden gefunden haben“, erzählt Frantz. „Nach der ersten Domestikation hat es also kaum mehr Vermischung gegeben, obwohl sich gerade Arten aus der Verwandtschaft der Hunde häufig paaren.“ Der Forscher spekuliert, dass dies womöglich mit einer starken Selektion gegen – eventuell aggressivere – Wolfsmischlinge durch den Menschen zusammenhängt.

Die doppelte Domestikation des Schweines

Solche Befunde stehen damit in Kontrast zu dem, was Frantz in früheren Arbeiten zur Domestikation der Schweine zeigen konnte: Mit der Ausbreitung der Landwirtschaft vor 10.000 Jahren kam auch das Schwein nach Europa. Dort hat es sich in einem solchen Ausmaß mit Wildschweinen gekreuzt, dass schon nach ein paar Jahrhunderten das ursprüngliche Genom für den Forscher nicht mehr zu erkennen war. Das Schwein sei zudem das einzige Tier, bei dem es wirklich starke Hinweise darauf gebe, dass es zweimal domestiziert wurde.

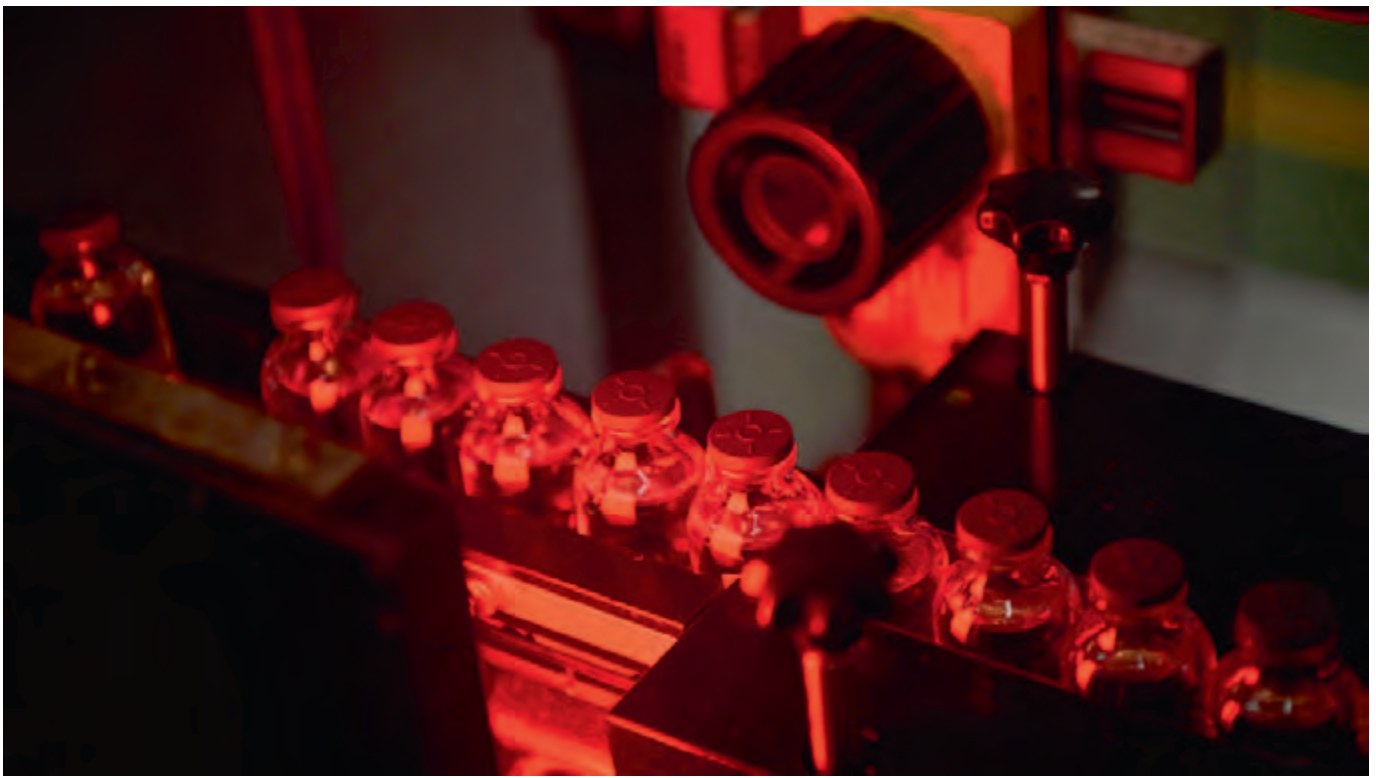
„Das Schwein ist daher sowohl bezüglich seiner Domestikationsgeschichte als auch aus evolutionärer Sicht sehr interessant“, sagt Frantz. „Wie kann es ein Hausschwein bleiben, wenn doch der größte Teil des Genoms nun enger mit dem des Wildschweins verwandt ist?“ Womöglich spielen dabei auch kleine chemische Modifikationen des Erbguts eine Rolle, sogenannte epigenetische Veränderungen. Sie ändern nichts an der DNA-Sequenz, können aber beispielsweise die Aktivität von Genen beeinflussen. Aktuell untersucht Frantz, ob sich in Gefangenschaft aufgezogene Wildschweine epigenetisch von wild lebenden unterscheiden.

In Zusammenarbeit mit Kollegen will er zudem das Epigenom einiger anderer früher Tiere rekonstruieren. „Es gibt Möglichkeiten, das Epigenom in DNA-Extrakten aus Tierknochen zu bestimmen. Das ist experimentell eine ziemliche Herausforderung, aber meiner Ansicht nach auch ein sehr vielversprechender Ansatz.“

Alte DNA spiegelt aber nicht nur die genetische Vergangenheit wider, sie kann womöglich sogar helfen, einen Blick in die Zukunft einer Tierart zu werfen. Auf der indonesischen Insel Sulawesi untersucht Frantz die Genetik zweier vom Aussterben bedrohter Tierarten: des Hirschebers, der zur Familie der Schweine gehört, und des Anoa, eines kleinwüchsigen Wildrinds. Beide Arten kommen nur auf Sulawesi vor und leiden stark unter der zunehmenden Zerstörung der dichten Regenwälder, auf die sie als Lebensraum angewiesen sind. Die einzigartigen Tiere faszinierten Forscher seit ihrer Entdeckung, daher gibt es in Museen zahlreiche Exemplare, die mitunter schon aus dem 19. Jahrhundert stammen. Dies macht sich Frantz zunutze, um das Genom der alten Tiere mit dem der heute lebenden zu vergleichen. Daraus gewinnt er Daten, mit denen sich einschätzen lässt, wie stark die genetische Diversität der Bestände sinkt und Inzucht sowie schädliche Mutationen in den kleiner werdenden Populationen zunehmen. „Die Lebensraumzerstörung hat auch zu einer genetischen Erosion geführt“, sagt Frantz. Solche vergleichenden genetischen Studien könnten dazu beitragen, das Ausmaß der Bedrohung besser abzuschätzen, und gemeinsam mit anderen Kriterien als Entscheidungshilfe für Schutzmaßnahmen dienen – damit Hirscheber und Anoa nicht wie *Canis dirus* nur noch in Museen oder als Fantasy-Geschöpfe überdauern.

Monika Gödde

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



Der Boom kam mit den Corona-Impfstoffen: Nanopartikel als Verpackung für Medikamente auf RNA-Basis. Produktionsanlage für die Moderna-Vakzine in Frankreich, April 2021. Foto: Guillaume Souvant/AFP via Getty Images

Die Dolmetscherin: Olivia Merkel über „Nanocarrier“

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.

„Nanocarrier sollen Wirkstoffe an ihren Zielort im Körper bringen. Ohne solche Träger kämen sie dort nicht sicher an. Nukleinsäurebasierte Wirkstoffe wie etwa die Corona-Impfstoffe von BioNTech oder Moderna beispielsweise sind zu groß, um wie kleinere Moleküle durch einfache Diffusion in Zielzellen zu gelangen. Zudem sind freie Nukleinsäuren instabil und werden im Körper zu schnell abgebaut. Nanocarrier, chemische Konstrukte von meist um 100 Nanometer Größe, kapseln die Substanzen ein und sorgen obendrein dafür, dass sie von Zellen aktiv eingeschleust werden. Doch wie kommen die Partikel an ihr Ziel? Beim sogenannten aktiven Targeting wird die Oberfläche der Nanocarrier so modifiziert, dass diese eine hohe Affinität für die Zielzellen entwickeln. Die eingefügten Peptide, Proteine oder Antikörper docken nach einer Art Schlüssel-Schloss-Prinzip an spezielle Rezeptoren auf der Oberfläche

der Zielzellen an. Damit kann auch ihre Aufnahme in die Zelle starten. Je spezifischer die Rezeptoren Bestandteil der Zielzellen sind, desto besser funktioniert es, sie mit den Nanocarriern gezielt anzusteuern. Auch die aktuellen Corona-Impfstoffe verwenden künstliche Trägerpartikel, und so tauchten Fachbegriffe wie Lipid-Nanopartikel oder Nanocarrier auch in der Publikumspressen auf. Bei den Vakzinen von Moderna und BioNTech/Pfizer sind mRNA-Moleküle, eine Form von Nukleinsäuren, in Lipid-Nanopartikel verpackt und werden in einer Suspension als Impfdosis gespritzt. Muskelzellen nehmen die Partikel auf und produzieren nach der mRNA-Bauanleitung die harmlosen Coronavirus-Proteine, die die Immunreaktion und damit die Bildung von Antikörpern gegen das Virus auslösen. Zu Anfang gab es Befürchtungen, dass die Chemikalie Polyethylenglykol (PEG), die einen Anteil der Lipidhüllen ausmacht, in Einzelfällen eine Sensibilisierung bis hin zu anaphylaktischen Schocks auslösen könnte. Doch mittlerweile hat sich gezeigt, dass diese PEGylierten Lipide nur sehr wenige Verträglichkeitsprobleme bereiten. Als ich 2015 an die LMU kam, galt mein Spezialgebiet noch als einigermassen exo-

tisch, jetzt ist es en vogue. Das mRNA-Delivery ist extrem gefragt. Das betrifft sowohl Kooperationen in der Wissenschaft als auch viele Firmen, die Beratung anfragen und die Zusammenarbeit suchen. Mein Kalender ist derzeit jedenfalls reichlich voll. Einen ersten Boost gab es, als 2018 ein erstes in Nanopartikel verpacktes Medikament auf RNA-Basis zugelassen wurde. Das wurde gegen eine seltene Erkrankung entwickelt und dementsprechend für einen kleinen Patientenkreis. Und jetzt, mit den mRNA-Impfstoffen, ist der Boom natürlich noch einmal deutlich größer. Viel dreht sich um die Lagerstabilität. Der Pfizer-Impfstoff zum Beispiel muss ja bei tiefen Temperaturen aufbewahrt werden, normale Gefrierschränke reichen da nicht. Wir haben vor Kurzem ein Patent zur Anmeldung eingereicht. Es zeigt, dass es möglich ist, Nanopartikel mit darin verpackter RNA per Sprühtrocknung in Pulver zu überführen. So aufbereitete Medikamente lassen sich längere Zeit bei Raumtemperaturen einfach lagern.“ Protokoll: math

Prof. Dr. Olivia Merkel ist Professorin für Drug Delivery am Department Pharmazie der LMU.

Der Duft der fernen Welt

Ein Markt in der Levante vor 3.700 Jahren: Die Händler bieten an ihren Ständen nicht nur Weizen, Hirse oder Datteln an, die überall in der Region wachsen. Zwischen den Waren stehen neben Karaffen mit Sesamöl seit Kurzem auch Schalen mit einem leuchtend gelben Gewürz. So ähnlich stellt sich Philipp Stockhammer das Markttreiben in der Bronzezeit im östlichen Mittelmeerraum vor. Mit einem internationalen Team konnte der LMU-Archäologe mit der Analyse von Nahrungsmittelrückständen im menschlichen Zahnstein belegen, dass Menschen in der späten Bronze- und frühen Eisenzeit in der Levante bereits Kurkuma, Bananen oder auch Soja verzehrten. „Exotische Gewürze, Früchte und Öle Asiens erreichten den Mittelmeerraum also einige Jahrhunderte, zum Teil sogar Jahrtausende früher als gedacht“, sagt Stockhammer. Damit ist auch klar: Schon im zweiten Jahrtausend vor Christus gab es offenbar einen regen Fernhandel mit exotischen Früchten, Gewürzen und Ölen, der vermutlich über Südasien und Mesopotamien oder Ägypten verlief – für Stockhammer eine frühe Form von Globalisierung. Die analysierten Proben stammen von 16 Individuen aus den Fundorten Megiddo und Tel Erani, die im heutigen Israel liegen. Dank neuester Analysemethoden konnten die Forscher in den Proben winzige Eiweißfragmente, Fettmoleküle und Pflanzenreste identifizieren, die in den Zahnstein eingeschlossen waren. „Wer keine Zahnhygiene betreibt, verrät uns Archäologen noch nach Tausenden von Jahren, von was er sich ernährt hat“, sagt Stockhammer. „Unsere Studie zeigt das große Potenzial dieser Methoden, um Hinweise auf Nahrungsmittel aufzuspüren, die ansonsten nur wenige archäologische Spuren hinterlassen“, sagt Co-Autorin Christina Warinner, Bioarchäologin an der Harvard University und dem Max-Planck-Institut für Menschheitsgeschichte in Jena. (huf)

PNAS, Dezember 2020



Was nach dem Regen und der anschließenden Überschwemmung übrigblieb, westlich von Kalkutta, Indien, August 2017. Foto: Dibyangshu Sarkar/AFP via Getty Images

Klimawandel sorgt für chaotischen Monsun in Indien

Wenn die globale Erwärmung ungebrems weitergeht, werden die Sommermonsun-Regenfälle in Indien stärker und unberechenbarer. Das ist das zentrale Ergebnis einer Analyse von Forschern aus München und Potsdam, die mehr als 30 aktuelle Klimamodelle aus aller Welt verglichen haben. Die Studie sagt für die Zukunft mehr extrem nasse Jahre voraus – mit potenziell schwerwiegenden Folgen für das Wohlergehen, die Wirtschaft, das Nahrungsmittelsystem von mehr als einer Milliarde Menschen.

„Wir haben robuste Beweise für eine exponentielle Abhängigkeit gefunden: Für jedes Grad Celsius Erwärmung werden die Monsun-Regenfälle wahrscheinlich um etwa fünf Prozent zunehmen“, sagt Anja Katzenberger vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) und der LMU. „Die globale Erwärmung verstärkt die Monsun-Regenfälle in Indien noch mehr als bislang angenommen. Sie dominiert die Monsun-Dynamik im 21. Jahrhundert.“ Das werde die Landwirtschaft Indiens und seiner Nachbarländer



Das Henne-Ei-Problem auf der frühen Erde

Leben, wie wir es kennen, basiert auf dem komplexen Zusammenwirken Tausender Moleküle. Unzählige Male läuft dabei im Körper ein zentraler Prozess ab: Proteine kopieren die im Erbgut gespeicherte genetische Information. Eine spezielle Form der Erbinformation, die mRNA, fungiert dann als Bauanleitung für Proteine. Der zentrale Vermittler, der sicherstellt, dass die richtigen Aminosäuren zu einem Protein zusammengesetzt werden, ist eine weitere RNA-Variante, die tRNA. Doch wie begann dieses Zusammenspiel, als Leben auf der Erde ent-

stand? Ein Henne-Ei-Problem: Proteine können nur dann hergestellt werden, wenn auch Proteine zum Auslesen genetischer Information verfügbar sind. Dieses Dilemma haben LMU-Physiker um Dieter Braun aufgelöst. Sie zeigten experimentell, dass sich leicht abgewandelte tRNA-Moleküle autonom zu einer Kopiereinheit zusammensetzen und Information exponentiell vervielfältigen können. tRNA ist also das Schlüsselmolekül; es könnte helfen zu klären, was zuerst kam: genetische Information oder Proteine. (huf) eLife, März 2021

Pflanzen robust gegen Umweltveränderungen machen

Sonne, Luft, Wasser: Mehr brauchen Pflanzen und Blaualgen nicht, um Kohlenstoffverbindungen und Sauerstoff zu produzieren. Zu viel Sonnenlicht jedoch beeinträchtigt diese Photosynthese. Ein Team um den Biologen Dario Leister hat nun mit künstlicher Evolution im Labor Blaualgen an hohe Lichtintensitäten angepasst – über das natürlich vorkommende Maß hinaus. Die meisten der 100 Mutationen, die mit der hohen Lichttoleranz in Verbindung standen, betrafen den Austausch einzelner Proteinbausteine. Sie hatten, betonten die Forscher, die Proteine sel-

ber und ihre Eigenschaften verändert, nicht nur die Genregulation und damit ihre Menge. Zwei der veränderten Proteine fügten die Forscher in nicht angepasste Blaualgen ein, danach tolerierten auch sie hohe Lichtintensitäten. „Mit unserem Ansatz können wir neue Proteinvarianten identifizieren“, sagt Leister. Sofern diese organismenübergreifend funktionieren, ließen sich die entsprechenden Mutationen womöglich auch in Pflanzen einfügen, um diese robuster gegenüber Umweltveränderungen zu machen. (göd) Nature Plants, Mai 2021

Neue Materialien: Rasanter Farbwechsel

beeinträchtigen, prognostiziert LMU-Klimaforscherin Julia Pongratz: „Nutzpflanzen brauchen vor allem in der ersten Wachstumsperiode Wasser, aber zu viel Regen in den anderen Wachstumsstadien kann den Pflanzen schaden – auch dem Reis, von dem sich ein Großteil der indischen Bevölkerung ernährt. Das macht die indische Wirtschaft und das Nahrungsmittelsystem sehr empfindlich gegenüber schwankenden Monsunmustern.“ (PIK/LMU)

Earth System Dynamics, April 2021

Nachts auf der Autobahn. Es regnet, Scheinwerfer blenden. In solchen Fällen ist es gut, einen Abblendspiegel zu haben. Technisch basiert er auf elektrochromen Materialien. Wird eine Spannung angelegt, ändern sich deren Lichtabsorption und Farbe. So kann der Spiegel das grelle Licht herausfiltern. Jüngst entdeckten Forscher, dass neben den etablierten anorganischen Materialien auch eine neue Generation hochgeordneter Gitterstrukturen diese Fähigkeit besitzt: sogenannte Covalent Organic Frameworks (COFs).

Die kristallinen und nanoporösen Netzwerke bestehen aus synthetisch hergestellten organischen Bausteinen. Auch bei ihnen bewirkt eine elektrische Spannung einen Farbwechsel – durch Oxidation oder Reduktion. Ein Team um Thomas Bein hat COF-Strukturen entwickelt, die den Farbwechsel viel schneller und effizienter schaffen als anorganische Verbindungen: Rekordverdächtige 0,38 Sekunden dauert er bei Oxidation, nur 0,2 Sekunden bei Reduktion. (e-conversion) Journal of the American Chemical Society, März 2021

Unterhaltung mit: Viorela Dan



„Wir können das Netz nicht dekontaminieren“, sagt Viorela Dan. „Wir müssen auf Medienkompetenz setzen.“ Foto: C. Olesinski/LMU

„Es ist ein Albtraum an Desinformation“

Wir glauben, was wir sehen. Deshalb lassen wir uns von Fotos und noch mehr von Videos verführen. Dabei revolutioniert die moderne Technik auch die Möglichkeiten, Bilder und Videos zu fälschen. Die Folgen können gravierend sein, warnt die Münchner Kommunikationswissenschaftlerin Viorela Dan.

„Vor drei Jahren hat der amerikanische Schauspieler Jordan Peele mit einem Video Aufsehen erregt. Darin sieht man, wie der frühere US-Präsident Barack Obama seinen Nachfolger Donald Trump als „total and complete dipshit“ bezeichnet, als kompletten Vollidioten. Hätten Sie erkannt, dass das ein Fake ist?“

Dan: Von der Optik her eher nicht, das Video sieht täuschend echt aus. Aber bei den Aussagen wäre ich schnell hellhörig geworden, zumal diese direkt in die Kamera gesagt werden.

Solche Fake-Videos werden als Deepfakes bezeichnet – was ist das Neue daran?

Dan: Neu ist der Einsatz von künstlicher Intelligenz (KI). Damit lassen sich Stimme, Worte und Mimik genau nachgestalten. Deshalb sind Deepfake-Videos der wahr gewordene Traum von Akteuren, die Desinformation verbreiten wollen. Und der Albtraum derjenigen, die dagegen ankämpfen.

Wie muss ein Deepfake gemacht sein, damit es verfängt?

Dan: Wer einen Skandal inszenieren will, müsste wohl ein Video erstellen, das so aussieht, als wäre es mit einer versteckten Kamera aufgenommen worden. Also nicht so wie bei dem Obama-Deepfake, bei dem der Ex-Präsident direkt in die Kamera schaut. Außerdem müssten die Aussagen glaubwürdig sein. Wie weit würde ein Politiker, der sonst jedes Wort abwägt, wirklich gehen? Wir würden vor einem großen Problem stehen, wenn der synthetisierten Version eines Politikers Worte in den Mund gelegt werden, die plausibel sind.

Solche Behauptungen könnte man ja auch anders aufstellen, etwa mit vermeintlichen Audio-Mitschnitten. Warum sind Videos besonders wirksam?

Dan: Weil wir dazu neigen, die Echtheit von Videos nicht infrage zu stellen. Wir glauben, was wir sehen. Wir verstehen vielleicht inzwischen, dass Videos manchmal inszeniert werden. Aber wir zweifeln nicht grundsätzlich die Echtheit der Personen an, die darin zu sehen sind. Denken Sie an die Bedeutung, die wir Überwachungsvideos beimessen. Da käme niemand auf die Idee, zu sagen: „Die Person, die wir da sehen, ist nicht echt.“

Noch einfacher ist es, Standbilder zu manipulieren. Da hat sich in der Kommunikationswissenschaft der Begriff der Subtle Backdrop Cues (SBCs) etabliert. Was bedeutet das auf Deutsch?

Dan: Wörtlich übersetzt wären das subtile Hintergrund-Hinweise. Das sind zum Bei-

spiel Symbole oder Bilder, die bei einem Foto im Hintergrund zu sehen sind. Wenn Sie mich auf einem Bild sehen, und hinter mir wäre ein Kreuz zu erkennen, dann würden Sie annehmen, dass ich CDU oder CSU wähle. Politiker nutzen SBCs aber auch, um Botschaften zu transportieren, die vielleicht nicht salonfähig sind.

Was wäre da ein Beispiel?

Dan: Donald Trump hat im Wahlkampf 2016 ein Bild seiner Konkurrentin Hillary Clinton getweetet mit vielen Geldscheinen im Hintergrund. Außerdem waren die Worte zu lesen: „Most corrupt candidate ever!“, also „Korrupteste Kandidatin aller Zeiten!“, und zwar eingerahmt von einem sechszackigen Stern, den man als jüdischen Davidstern deuten konnte. Damit hat Trump nahegelegt, dass Clinton durch jüdische Wirtschaftskreise finanziert und gesteuert wird.

Und wie waren die Reaktionen?

Dan: Trump wurde sofort von liberalen Medien dafür kritisiert. Er hat dann abgestritten, solche Absichten gehabt zu haben. Das ist die Besonderheit von persuasiver Kommunikation, die visuell unterstützt wird. Man kann immer beteuern: Das habe ich nie gesagt. Ich kann nichts dafür, was du in das Bild hineininterpretierst. Aber okay, ich ziehe es zurück. Doch die Zielgruppe, die man erreichen will, wird erreicht. Daher gelten SBCs als eine Art Hundepfeife: Die Botschaften kann die Zielgruppe, nicht zwingend aber die Allgemeinbevölkerung wahrnehmen.

Über solche Fragen machen sich PR-Berater sicher schon länger Gedanken. Was sind neue Entwicklungen in diesem Bereich?

Dan: Neu ist, dass wir dieses Phänomen inzwischen auf allen politischen Ebenen finden. Früher wurden solche Strategien von Präsidenten oder Kanzlern verwendet. Dass aber beispielsweise auch der Landeshauptmann des österreichischen Bundeslandes Vorarlberg, Markus Wallner, so etwas macht, das ist eine neue Qualität.

Was ist da geschehen?

Dan: Bei einem Gespräch von Wallner mit Österreichs Bundeskanzler Sebastian Kurz wurde ein Foto gemacht. Darauf war hinter Wallner das Bild einer alten Frau zu sehen, die eine Art Zigarre raucht. Man hätte aber denken können, das sei ein Joint. Das Foto wurde durch ein Landschaftsbild ersetzt. Das ist aufgefallen, weil die erste Version auch publik wurde. Wallner hat sich damit gerechtfertigt, dass er und seine Partei eine eindeutige Haltung zum Thema Cannabis hätten. Wenn eine Frau mit Joint hinter ihm zu sehen gewesen wäre, hätte man denken können, er setze sich für die Legalisierung von Cannabis ein. Das habe er verhindern wollen.

Wie erforscht man die Wirkung von SBCs?

Dan: Experimentell, genauso wie die Wirkung von Deepfakes. Wir zeigen Menschen Bilder mit verschiedenen SBCs (zum Beispiel liberale versus konservative), die wir in dem Twitter-Feed eines fiktiven Politikers einbetten; eine Kontrollgruppe bekommt die Bilder ohne SBCs angezeigt. Anschließend stellen wir beiden Gruppen dieselben Fragen und vergleichen die Ergebnisse.

Welche Botschaften haben Sie untersucht?

Dan: Wir konnten zum Beispiel zeigen, dass ein Politiker mit Deutschlandflagge im Hintergrund eher als konservativ eingeschätzt wird, auch wenn die Fahne unauffällig ist. Vielleicht wenig überraschend, deshalb ein anderes Beispiel: Wir haben ein Bild eines Politikers am Schreibtisch gezeigt, auf dem das Foto einer Frau zu sehen war. Einmal war die Frau am Computer zu sehen, auf dem anderen Foto steht sie am Herd und zieht einen Braten aus dem Ofen. Und tatsächlich sind die Menschen davon ausgegangen, dass ein Politiker, zu dem sie sonst keinerlei Hinweise hatten, einmal als eher links einzuordnen ist und einmal als eher rechts. Rechts war der mit der Frau am Herd.

Können Deepfakes und Subtle Backdrop Cues gefährlich werden?

Dan: Ja. Sie können dazu führen, dass Politiker gewählt werden, die ihre Ansichten nicht offen kommunizieren (SBCs), oder dass Politiker aus den falschen Gründen nicht gewählt oder entmachtet werden (Deepfakes). In Gabun hat etwa ein Video, von dem gesagt wurde, dass es ein Deepfake ist, einen Putschversuch ausgelöst. Der Präsident Ali Bongo war vorher länger nicht öffentlich aufgetreten. Ein Video, das ihn mit einer Neujahrsansprache zeigt, nutzten seine Gegner, um zu behaupten, sein politisches Lager habe eine synthetisierte Version des Präsidenten erstellt, weil er nicht in der Lage gewesen sei, die Ansprache selbst zu halten. Es wurde spekuliert, er sei schwer krank oder verstorben. Dieses vermeintliche Machtvakuum führte dazu, dass Militärs geputscht haben.

Jordan Peel warnt in dem Obama-Deepfake die Zuschauer davor, zu leichtgläubig zu sein. Ist es so einfach? Oder müsste man Videofälschungen unter Strafe stellen?

Dan: Wir sollten nicht den Teufel an die Wand malen, aber wir müssen über Lösungen nachdenken. Die wurden lange vor allem im Bereich Informatik gesucht: Man hat in Algorithmen investiert, die Desinformation erkennen und entfernen sollen. Wir werden aber das Internet nicht „dekontaminieren“ können. Selbst mit besten Algorithmen ist das illusorisch. Ganz zu schweigen davon, dass das Löschen von Posts oder Social-Media-Accounts mehr Probleme bringt, als es löst. Wir müssen mehr auf Medienkompetenz setzen. Und versuchen, den Schaden, der durch Deepfakes entsteht, einzudämmen, etwa mit Faktenchecks. Oder Videos, die zeigen, wie Deepfakes entstehen. Automatische Identifikation und Regulierung sind wichtig, doch ebenso brauchen wir Wirkungsforschung.

Interview: Nikolaus Nützel

Dr. Viorela Dan ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Kommunikationswissenschaft und Medienforschung der LMU. Derzeit ist sie Junior Researcher in Residence am Center for Advanced Studies der LMU.



Wir Krisenmanager

Ist der Ausnahmezustand längst der Normalfall? Die langen Monate der Pandemie haben uns gezeigt, wie schnell gesellschaftliche Konstanten außer Kraft gesetzt sind. Was lässt sich aus Krisen lernen? Die Wissenschaft gibt wichtige Hinweise, wie sie sich bewältigen lassen.

Der Schwerpunkt

Mehr Unsicherheit wagen: Wenn gesellschaftliche Routinen nicht mehr funktionieren

Lust auf Neues: Wie Innovationen die Wirtschaft weniger anfällig machen

Geisteskräfte: Wege aus dem seelischen Tief

Im Angesicht des Untergangs: Aufbruchstimmung und Krisenbewusstsein in der Antike

In der Wartungsschleife: Zellen und ihre molekulare Krisenabwehr



Wenn die Lichter wieder angehen – ist die Krise dann
gebannt? Foto: Stefan M.Prager/Redferns/Getty Images



Das gesellschaftliche Leben – stillgelegt. Der Berliner Alexanderplatz in Zeiten von Lockdown und verordnetem Krisenmodus, Frühjahr 2020.
Foto: Christian Ender/Getty Images



Mehr Unsicherheit wagen

Der Politologe Klaus H. Goetz und der Soziologe Armin Nassehi diskutieren darüber, wie moderne Gesellschaften mit grundlegenden Erschütterungen umgehen können.

Moderation: Hubert Filser und Nikolaus Nützel

Flüchtlingskrise, Bankenkrise, Brexit, Klimawandel, Corona-Pandemie: Es scheint, als wäre der Ausnahmezustand in unserer modernen Gesellschaft längst der Normalfall geworden. Würden Sie als Soziologe das alles als Krise definieren?

Nassehi: Der Begriff stammt ja eigentlich aus der Medizin: In einem Krankheitsverlauf ist die Krise der Wendepunkt, an dem sich die Dinge entscheiden. Allgemein sprechen wir von Krise, wenn wir glauben, dass Routinen nicht funktionieren, die üblicherweise mit wenig Aufmerksamkeit bedacht werden. Dann kommt es zu Ereignissen, die sich nicht richtig einordnen lassen, bei denen man die Zuständigkeiten nicht eindeutig beschreiben kann. Sie sind vielleicht auch noch medial gut darstellbar und produzieren große Bilder. Bei der Pandemie ist ja sehr interessant, dass die Krise eigentlich schon daran deutlich wird, dass auf einmal Virologen mitbestimmen, wo es lang geht.

Goetz: Und die jetzige Krise betrifft jedes Mitglied des Gemeinwesens. Sie betrifft alle Ebenen der Politik, von der globalen bis zur lokalen. Bestehende gesellschaftliche, politische, wirtschaftliche und kulturelle Arrangements werden radikal infrage gestellt. Das ist schon etwas anderes als die Krisen, denen wir, wenn man so will, inzwischen schon mit Routinen begegnen, ob nun Banken- oder Flüchtlingskrise. Deshalb sind auch die analytischen Herausforderungen, wie man sich einem solchen Phänomen annähern kann, andere. Es handelt sich eigentlich nicht nur um eine Krise, sondern es zeigt sich zumindest die Möglichkeit eines epochalen Wandels.

Woran machen Sie als Politologe eine Krise fest?

Goetz: Es geht um das Infragestellen von bisher mehr oder weniger unumstrittenen Arrangements: Dabei geht es um die institutionelle Verankerung der Politik, die Verfahren der Politik, zentrale Inhalte und auch Vertrauens- und Legitimationsgrundlagen.

Wird mindestens eines von diesen vier grundsätzlich infrage gestellt, haben wir es, politikwissenschaftlich gesehen, mit einer Krise zu tun. Es macht auch einen enormen Unterschied, ob es sich um schleichende oder graduelle Krisen handelt, ob man es also mit einem langsamen Zerfall zu tun hat, der irgendwann einmal offensichtlich wird und in die akute Krise umschlägt, oder mit Ereignissen, die mehr oder weniger über Nacht über ein Gemeinwesen und die Politik hereinbrechen.

Politik im künstlichen Koma?

Wie gut sind moderne politische Systeme auf diese Formen der Krise vorbereitet?

Goetz: Politische Systeme beobachten sich ja ständig selbst. Wir haben in allen wichtigen Teilbereichen der Politik, etwa in der Verkehrs-, Renten- oder Finanzpolitik, ausdifferenzierte Institutionen und Verfahren, die der Selbstbeobachtung dienen. Dieses Monitoring weist frühzeitig auf Fehlentwicklungen hin. Für besonders anfällige Systeme existieren ausgearbeitete Krisenpläne, auch für die Pandemie gab es solche Pläne, sowohl auf internationaler als auch nationaler Ebene. Die Frage ist: Lassen sich diese Pläne tatsächlich im Krisenfall anwenden? Muss nachjustiert werden? In diesem Sinne leben hochentwickelte Gesellschaften ständig im Schatten der Krise, weil ein Großteil der modernen Politik darauf abzielt, Krisen zu vermeiden.

Nassehi: Ich würde dieser Diagnose eindeutig zustimmen. Aber interessant bei der Pandemiekrise ist ja, dass die Gesellschaft operativ gar nicht in der Krise gewesen ist, denn die Systeme arbeiteten doch einwandfrei. Alle Funktionssysteme, alle Akteure der Gesellschaft haben getan, was ihre Auf-

gabe ist. In der Wirtschaft hat man sich Gedanken gemacht über die Unterbrechung von Wertschöpfungsketten. Die Politik hat nicht nur die Sachprobleme gelöst, sondern musste auch Loyalitätsfragen klären, und zwar von Anfang an. Auch die Wissenschaft tat, was man von ihr erwartet: wahrheitsfähige Aussagen treffen.

Goetz: Das ist aber eine sehr beschönigende Beschreibung. Es stimmt: Die Vitalfunktionen sind erhalten. Aber der Patient ist doch weitgehend in ein künstliches Koma versetzt worden.

Nassehi: Meine Beschreibung ist ja noch nicht fertig. Ich will sagen: Obwohl alle Systeme einwandfrei arbeiteten, ist es dieser Gesellschaft trotzdem kaum gelungen, mit dieser Lage umzugehen. Im Sommer 2020 hat sich unsere Gesellschaft in Gegenwart verloren. Obwohl alle Experten wussten, dass es im Herbst wieder schwierig wird, hat man so getan, als wäre die Sache vorbei. Also mein Argument ist: Die Gesellschaft läuft eigentlich einwandfrei und unglaublich leistungsfähig, und trotzdem kommen wir nicht aus dem Krisenmodus heraus. Da müsste man sich fragen, warum eigentlich?

Was das System überhaupt leisten kann

Und – warum ist das so?

Nassehi: Es stellt sich die Frage: Liegt die Krise womöglich doch in der Struktur dieser Gesellschaft begründet? Einer Gesellschaft, die auf der einen Seite innerhalb ihrer einzelnen Funktionssysteme unglaublich leistungsfähig ist, aber in der Frage der Koordination dieser Systeme offensichtlich ein Defizit hat und deshalb in Krisensituationen nicht kollektiv handlungsfähig ist. Und vielleicht ist das der kleine Unterschied

zwischen einem Soziologen und einem Politikwissenschaftler: Ich halte das politische System für weniger leistungsfähig, der Moderator zwischen den unterschiedlichen Funktionen zu sein. Es ist für mich selbst ein Funktionssystem von mehreren, das eben auch eigene Probleme lösen muss. Aber das ist doch das Spannende: Eigentlich ist nichts zusammengebrochen und trotzdem ist die Krise nicht zu bewältigen.

Goetz: Da würde ich widersprechen. Es ist aus meiner Sicht sehr, sehr viel zusammengebrochen. Es sind ja erhebliche Teile des Wirtschaftslebens effektiv stillgelegt worden, genauso wie das Bildungssystem und das Kulturleben. „Es funktioniert doch eigentlich alles wie bisher und wir haben trotzdem eine Krise“ – diese Beschreibung stimmt so nicht. Und es ist auch nicht gelungen, das in politische Diskussion umzusetzen. Denn die Parteien der großen Mitte haben sich, aus welchen Gründen auch immer, sehr rasch auf einen All-Parteien-Konsens verständigt. Mit der Folge, dass als oppositionelle Kräfte nur noch die Linke auf der einen und die AfD auf der anderen Seite übrig geblieben sind. Auch aufgrund der mal mehr, mal weniger umfangreichen Demonstrationsverbote war eine kritische Öffentlichkeit sehr schwer darzustellen. Aus meiner Sicht hat sich auch die organisierte Politik zum Teil selbst stillgelegt.

Nassehi: Mit Funktionieren meinte ich nicht, dass alles gut läuft. Politik hat teilweise nicht stattgefunden, Parlamente wurden so gut wie nicht gefragt. Den Grundmechanismus des Politischen, nämlich zwischen Regierung und Opposition zu unterscheiden, gab es praktisch nicht mehr. Es sind unheimlich viele Strukturen verschwunden.

Wie erklären Sie sich diese Entwicklung?

Goetz: Mir fällt da das Buch *Protean Power* ein, das die Politikwissenschaftler Peter Katzenstein und Lucia Seybert schon vor Corona veröffentlicht haben. Unter dieser proteischen Macht verstehen sie die Idee der Innovation und des Experiments, die dann

zum Tragen kommen kann, wenn man mit Unsicherheit umgeht. Auf Risiken reagiert Politik üblicherweise mit Kontrolle, das haben wir bei der Bankenkrise erlebt. Aber wenn es wirklich Unsicherheit gibt, eröffnen sich die Chancen der „protean power“, für Experimente und Innovationen. Meiner Ansicht nach besteht ein zentrales Problem der Reaktion auf die aktuelle Krise darin, dass man auf eine Situation der Unsicherheit so reagiert hat, als wäre es ein Risiko, das man umfassend kontrollieren könnte.

Staatliche Politik im Spannungsfeld

Was macht da den Unterschied in der Reaktion aus?

Goetz: Risiken kann man berechnen, so wie sie etwa die Münchener Rück hundert Meter von meinem Büro entfernt kalkuliert. Das ist bei Unsicherheit anders. Auf Risiken reagiert man oft mit Kontrolle. Bei einem Virus hat das ja auch Sinn, man muss seine Verbreitung „unter Kontrolle“ bringen. Aber dann wurde dieses Kontrolldenken einfach auf alle anderen gesellschaftlichen Teilbereiche ausgeweitet – und zwar ohne zu bedenken, dass die Übertragbarkeit begrenzt ist. Andere Ideen, wie man mit dem Krisenhaften umgehen kann, nämlich tatsächlich Experimente zu machen, hat man sehr bald aufgegeben. Ich habe auch den Eindruck, dass die Politik in ihrem Steuerungsanspruch keine Grenzen mehr kannte und kennt – und dass sie damit unweigerlich scheitern muss, weil sie die Problemlösungsfähigkeiten anderer Teilsysteme zu sehr einschränkt. Es hat zu viel Staat stattgefunden und zu wenig Gesellschaft.

Nassehi: Staatliche Politik befindet sich da ja in einem Spannungsfeld. Kann sie der Selbststeuerung der Bürger oder auch von

Institutionen, die Konzepte vorlegen, wirklich trauen?

Wie viel Selbststeuerung der Menschen ist denn in der Unsicherheit einer Krise denkbar?

Nassehi: Es gibt ja so eine Art von Mittelschicht-Bias. Leute wie wir aus der Mittelschicht, dem akademischen Bereich, wir denken ja, wenn wir den Menschen nur erklären, was sie tun sollen, dann werden sie sich schon daran halten.

Goetz: Ist das nicht das gesellschaftliche Projekt der Aufklärung: dass der Mensch vernunftbegabt ist?

Nassehi: Genau, das ist vielleicht auch das Vorurteil: über das Erklären der Sachverhalte tatsächlich entsprechendes Handeln zu generieren. Wir wissen, dass Selbstverantwortung in Situationen möglich ist, in denen Menschen die Ressourcen in die Hand bekommen, diese auch wahrnehmen zu können. Warum können beispielsweise Schulen sich nicht selbst organisieren, sich entsprechend Regeln geben? Warum können das Kulturinstitutionen und Universitäten nicht? Wir haben eine sehr flächendeckende, eigentlich eine sehr unkreative Form von Steuerung gehabt.

Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, Herr Nassehi, damit Menschen Regeln wirklich folgen?

Nassehi: Wir wissen aus der Forschung, dass Menschen Regeln durchaus befolgen, auch wenn sie stark in ihr eigenes Leben eingreifen, wenn zwei Kriterien erfüllt sind: Es muss fair aussehen, niemand darf überverteilt werden. Und zweitens müssen die Kriterien transparent sein, um die es geht. Da sind große Fehler gemacht worden, in der Pandemie gab es seit dem Spätsommer vergangenen Jahres eine Folge von Drei-Wochen-Maßnahmen, deren Ziele aber nie eindeutig formuliert waren. Daran kann man auch sehen, dass Politik sich selber sehr unsicher darüber war, was denn eigentlich die Ziele sind.

Herr Goetz, Sie sagen, es habe in dieser Krise nicht viel Politik stattgefunden im Sinne von öffentlicher Diskussion. Aber es sind ja gleichzeitig Tausende YouTube-Videos millionenfach geteilt und kommentiert worden.

Goetz: Natürlich gibt es insbesondere in den sozialen Medien eine ungeheuer intensive Beschäftigung mit dieser Krise. Aber die Politik in einer liberalen Demokratie vollzieht sich ja in institutionellen Foren und in grundgesetzlich und einfach-gesetzlich geregelten Verfahren. Dieser kontroverse Diskurs ist bei Corona fast völlig zum Erliegen gekommen. Das halte ich für problematisch.

Herr Nassehi, teilen Sie diese Analyse?

Nassehi: Die meisten Diagnosen teile ich, aber ich bin skeptisch, was die Motive und die Antriebe zur Regelbefolgung angeht. Diese Frage muss man sehr, sehr ernst nehmen, obwohl wir in unserem Staatswesen und auch mit der Idee von Liberalität darauf setzen, dass die Menschen aus freien Stücken handeln sollen. Sie sollen das tun, was sie wollen – aber sie sollen dann auch wollen, was sie sollen.

Sie sollen diszipliniert sein.

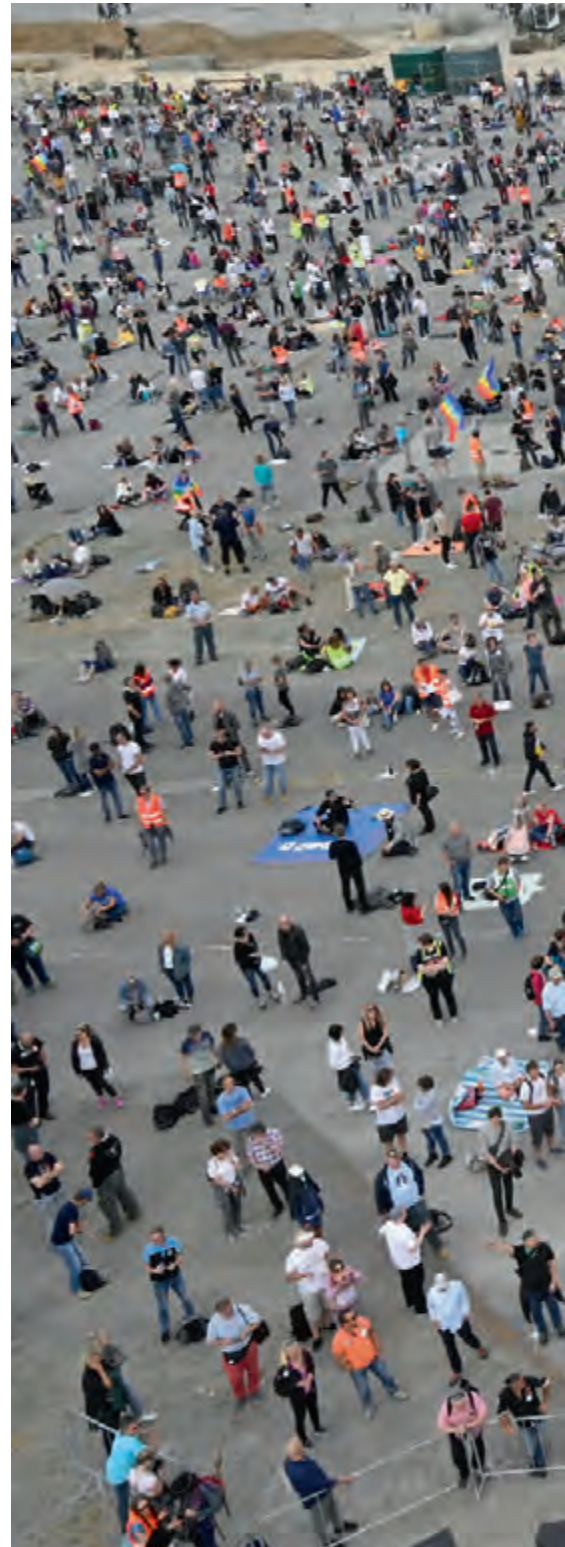
Nassehi: Ja, wir können Freiheit nie ohne Disziplin denken, das ist der böse blinde Fleck dieses individuellen Handelns. Und wir schauen zurzeit schon ein bisschen in den Abgrund der Überzeugungsfähigkeit. Zwar haben sich Menschen in stark organisierten Zusammenhängen sehr gut an Regeln gehalten, aber wo die Aufmerksamkeitsspanne weg war, war es ungleich schwieriger. Ob man darauf gleich mit dem totalen Verzicht auf Eigenverantwortung reagieren muss, mit dem totalen Verzicht auf Experimente, ist eine andere Frage. Aber da ist ein Unterschied in unseren Einschätzungen. Und mich würde interessieren, ob wir diesen Unterschied quasi als Personen reinbringen oder ob das etwas mit unseren Fächern zu tun hat.

Goetz: Das weiß ich nicht. Aber ich wollte ja nicht der Regellosigkeit das Wort reden, sondern darauf hinweisen: Wer ist der Normsetzer? Und haben wir es hier nicht mit einem Ausgreifen des staatlichen Normsetzers in gesellschaftliche Teilbereiche zu tun, die es gewohnt sind, zumindest zum Teil, sich ihre eigenen Regeln zu setzen und damit auch oft sehr gut fahren in liberalen Systemen? Staatliches Handeln hat ja verschiedene Instrumente. Man kann regeln, man kann fördern, man kann informieren, man kann koordinieren und man kann mobilisieren. Wenn wir an die Migrationskrise denken, da war man ja sehr stolz darauf, in welchem Umfang gesellschaftliche Mobilisierung gelungen ist, um ein Politikproblem mit zu regeln. In dieser Krise spielte die Zivilgesellschaft keine Rolle. Sie ist in erster Linie Gegenstand politischer Regulierung, aber nicht der Mobilisierung.

Eine Strategie mit Nebenwirkungen

Wird das dauerhafte Spuren in der Gesellschaft und dem politischen System hinterlassen?

Nassehi: Das ist schwer zu beantworten, zumal das mit der Zukunft zu tun hat. Aber im Ernst: Ich meine, als Optimist, der ich tatsächlich systematisch bin, würde ich sagen, es werden zurzeit viele untaugliche Strukturen der Gesellschaft sichtbar: Wie gehen wir mit Zielkonflikten um, wie funktioniert Gesellschaftssteuerung? Müssen politische Akteure nicht aus eigenem Interesse stärker auf Differenz achten, statt auf große Formen von Konsens? Ich glaube, wenn wir etwas lernen aus der Krise, dann ist es tatsächlich zu sehen, wie fragil manche unserer Institutionenarrangements sind. Und ich interessiere mich als Soziologe be-





Mit falschen Freunden unterwegs: Protest gegen die Coronamaßnahmen, Stuttgart, Mai 2020. Foto: Markus Riedle/AFP via Getty Images

reits länger für die Frage, wie man in einer stark differenzierten Gesellschaft wie unserer die sehr unterschiedlichen Funktionen dieser Gesellschaft miteinander sprechfähig machen kann. Wie gelingt es in einer Gesellschaft, die so etwas wie ein operatives Zentrum kaum kennt und in der kollektives Handeln schwierig ist, Orte zu finden, an denen man politische, ökonomische, rechtliche, wissenschaftliche Fragen so aufeinander bezieht, dass etwas Drittes entsteht, das klüger ist?

Goetz: Aus politikwissenschaftlicher Sicht wäre ein wichtiger Aspekt: Wie gehen Organisationen mit Turbulenz um? Ein wichtiges Thema wird sein, auch im europäischen Mehrebenensystem: Antwortet man mit Integration oder eher Desintegration?

tion? Wir hatten in der Europäischen Union vor der Krise eine sich intensivierende Diskussion um Differenzierung und Desintegration. Der Brexit gilt da als das große Beispiel. Das ist in den vergangenen Monaten in den Schlagzeilen ja etwas nach hinten gerückt. Wir haben auf der EU-Ebene andererseits erst einmal eine weitere Vertiefung, nämlich dieses riesige Paket „Next Generation Europe“, das 750 Milliarden Euro umfasst. Vielleicht wird sich in fünf oder zehn Jahren die Frage stellen: War die Pandemie eine Krise, die zu einer weiteren Vertiefung der europäischen Integration geführt hat?

Nassehi: Ich teile die Einschätzung von Klaus Goetz. Eine Lehre aus der Krise ist, dass der Krisenmodus eigentlich kein guter Modus für Krisen ist. Wir haben schon am Anfang der Krise viele Stimmen gehört, die gesagt haben, ach, man könne ja doch exekutiv durchregieren, das wäre eine Blaupause für die Klimakrise und für alles, was jetzt noch kommt. Das würde ich für die Dystopie schlechthin halten. Ich habe in der Krise eher gesehen, dass die Gesellschaft große Defizite in der Ermöglichung kollektiven Handelns oder zumindest in der Integration unterschiedlicher Zielkonflikte und Funktionen hat. Da gibt es eine Menge zu tun, auch in der sozialwissenschaftlichen Forschung über den Umgang mit Ausnahmesituationen.

Die vermeintliche Option des Durchregierens



Prof. Dr. Klaus H. Goetz

ist Inhaber des Lehrstuhls für Politische Systeme und Europäische Integration am Geschwister-Scholl-Institut der LMU. Goetz, Jahrgang 1961, studierte Politikwissenschaft; promovierte wurde er am Nuffield College der University of Oxford. Nach Stationen in Oxford, an der Deutschen Hochschule für Verwaltungswissenschaften in Speyer und an der London School of Economics and Political Science (LSE) leitete Goetz den Lehrstuhl „Politik und Regieren in Deutschland und Europa“ an der Universität Potsdam, bevor 2013 ans GSI kam. 2019/2020 leitete Goetz am Center for Advanced Studies (CAS) der LMU die Forschergruppe „Exceptional Political Dynamics“.

Ist die Krise also doch auch eine Chance?

Goetz: Das Reden über „Krise als Chance“ ist abgegriffen. Aber wenn wir über Chancen reden, wäre die Frage: Chance für wen? Wer wird durch eine Krise ermächtigt? Und wir sehen, dass das in erster Linie der Teil des politischen Systems ist, der unmittelbar handlungsfähig ist: die Exekutive. Das ist als Krisenreaktion verständlich, vielleicht zum Teil auch angemessen, aber wie heißt es auf den Beipackzetteln für Arzneimittel? Das hat Risiken und Nebenwirkungen.

Welche Effekte zeigen sich da?

Goetz: Wir haben diese Nebenwirkungen ja schon gesehen. Der ständige Krisenmodus, in dem sich die EU seit der Bankenkrise befindet, hat ja die Unterstützung für die europäische Integration in den Mitgliedsstaaten nicht befördert, sondern ist einer der Gründe für das Erstarken von rechtspopulistischen und zum Teil auch linkspopulistischen Parteien in Europa. Das sind Alarmzeichen.



Prof. Dr. Armin Nassehi

ist Inhaber des Lehrstuhls für Allgemeine Soziologie und Gesellschaftstheorie. Nassehi, Jahrgang 1960, studierte Erziehungswissenschaften, Philosophie und Soziologie. Er wurde an der Universität Münster promoviert und habilitierte sich dort für das Fach Soziologie. Danach lehrte und forschte er an den Universitäten Münster und München, bevor er im Jahr 1998 an die LMU berufen wurde. Nassehi ist Herausgeber des Kulturmagazins *Kursbuch*. 2019 erschien sein Buch *Muster.Theorie der digitalen Gesellschaft*. Nassehi ist unter anderem Mitglied des Bayerischen Ethikrates und Mitglied im Expertenrat Corona des Ministerpräsidenten des Landes Nordrhein-Westfalen.

Lust auf Neues

Aus der Krise herauswachsen: Die Ökonomin Monika Schnitzer untersucht, wie Innovation Volkswirtschaften voranbringt – und sie für neue Krisen weniger anfällig macht.

Von Nikolaus Nützel

Dass es nach Ausbruch der Coronapandemie nicht einmal ein Jahr dauerte, bis Impfstoffe zur Verfügung standen, findet Monika Schnitzer geradezu atemberaubend: „Das ist ein Bereich, in dem man normalerweise in Zyklen von zehn bis 20 Jahren denkt und manchmal nie etwas findet. Gegen HIV gibt es bis heute keinen Impfstoff.“ Bei der Entwicklung von Corona-Impfstoffen „sieht man Innovation at its best“, schwärmt die Inhaberin des Lehrstuhls für Komparative Wirtschaftsforschung der LMU.

Schnitzer ist Expertin für das Thema Innovation. Sie untersucht, was Innovationen fördert und was sie hemmt. Als eine der fünf „Wirtschaftsweisen“, die die Bundesregierung beraten, tut sie aber auch das, was von Volkswirtinnen und Volkswirten nach der klassischen Definition der Nationalökonomie erwartet wird: Sie macht sich Gedanken darüber, welche Maßnahmen der Wirtschaft eines bestimmten Landes nutzen und welche ihr eher schaden könnten.

Im aktuellen Fall der Corona-Impfstoffe hält Schnitzer das Zusammenspiel großer und kleinerer Pharmafirmen aus verschiedenen Ländern für entscheidend. So konnten in kürzester Frist ganz neue Impfstoffe entwickelt und dann zeitnah im großen Maßstab die klinischen Studien durchgeführt werden. Begleitet von umfangreichen finanziellen Zusagen internationaler Regierungen habe es die Entwicklungsabteilungen in den Firmen auf Hochtouren gebracht. Für eminent wichtig hält Schnitzer jedoch auch den Wettbewerb: „Wenn man da nur

einen einzelnen Großkonzern beauftragt hätte, dann hätte der sich Zeit lassen können. Aber jetzt wollen alle Unternehmen die Ersten sein und damit Geld verdienen.“ Dass am Ende die deutsche Firma BioNTech ganz vorne mit dabei war, ist in ihren Augen ein guter Beleg dafür, dass hiesige Unternehmen weiter eine weltweite Führungsrolle einnehmen können.

Monika Schnitzer ist zuversichtlich, dass Deutschlands Volkswirtschaft nach der Coronapandemie zügig wieder an den Wohlstand früherer Zeiten anknüpfen kann: „Wenn wir die Pandemie bald in den Griff bekommen, werden wir spätestens im nächsten Jahr wieder beim Vorkrisenniveau sein.“ Die teilweise drastischen Rückgänge bei den Exporten im vergangenen Jahr und aktuell noch in Bereichen wie Hotellerie, Gastronomie und Einzelhandel seien ja nicht auf Probleme zurückzuführen, die aus der Wirtschaft selbst kommen, betont Schnitzer. Die aktuelle Wirtschaftskrise, so sagt sie, sei vielmehr die Folge einer Gesundheitskrise.

Wie die Krise weite Kreise zog

Darin liegt nach Schnitzers Einschätzung ein elementarer Unterschied zu den Jahren 2007 bis 2010. Damals geriet die Weltwirtschaft ins Trudeln, weil es im Finanzsektor,

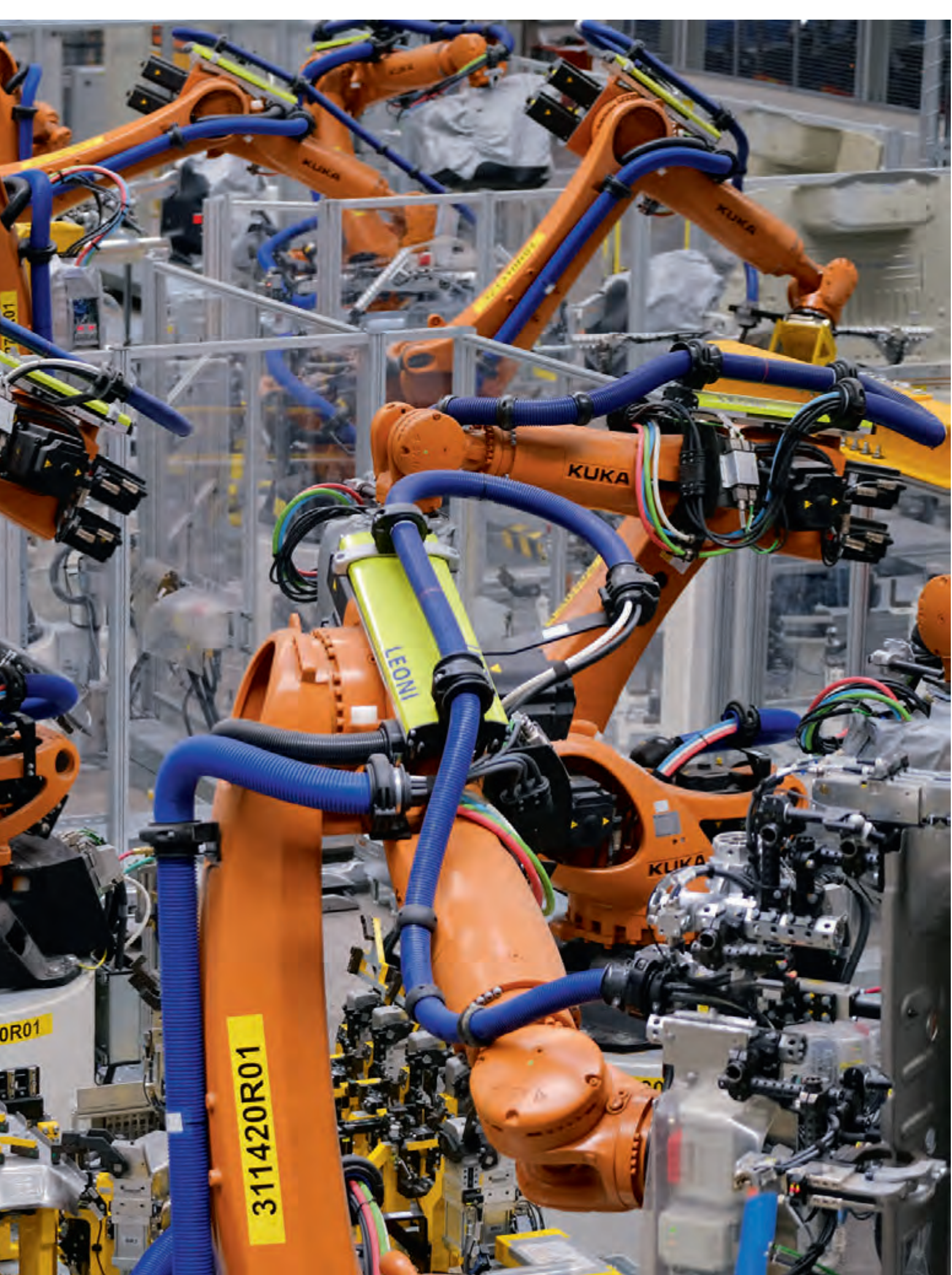
aber auch auf wirtschaftspolitischer Ebene große Defizite gegeben habe: „Die Politik hat den Fehler gemacht, den Finanzbereich nicht ausreichend zu regulieren und gegen Spekulationen vorzugehen.“ Gleichzeitig hätten Unternehmen aus der Finanzbranche schwere Fehler begangen, als sie beispielsweise ohne ausreichende Sicherheiten das Geschäft mit sogenannten Subprime-Krediten, zweitklassigen Darlehen mit hohen Ausfallrisiken, immer weiter ausdehnten.

Die Krise der Finanzbranche wurde dann allerdings schnell zu einer allgemeinen Wirtschaftskrise, weil die Banken sich nicht mehr refinanzieren konnten und deshalb ihre Kreditvergabe einschränken mussten. Es kam zu einer Kreditklemme. „Und das hat dann auch in Bereichen wie der Industrie, also in der Realwirtschaft, für große Probleme gesorgt, denn viele Firmen haben keine Kredite mehr bekommen.“ Die damalige Finanzkrise ist für Schnitzer also ein typisches Beispiel dafür, wie eine Schiefelage in einem bestimmten Wirtschaftssektor schnell weite Kreise ziehen kann.

Entsprechend mussten nach der Finanzkrise die Probleme, die innerhalb des Wirtschaftssystems entstanden waren, mit passenden politischen Maßnahmen gelöst werden. Das sei im Großen und Ganzen gelungen, glaubt Schnitzer. Im Bankensektor und auch in anderen Bereichen der Wirtschaft wird stärker darauf geachtet, dass die Firmen ausreichend mit Eigenkapital ausgestattet sind. Gerade in Deutschland sei es außerdem in den Jahren nach der Finanzkrise geglückt, Rücklagen zu



Fertigung von E-Autos in Sachsen: Viel zu lange hätten deutsche Autobauer fast ausschließlich auf die Technologie der Verbrennungsmotoren gesetzt, sagt Monika Schnitzer. Kommt jetzt Bewegung in den Markt? Foto: Sean Gallup/Getty Images



schaffen, von denen das Land heute profitiert: „Wir hatten nach der Finanzkrise eine Schuldenquote von 80 Prozent des Bruttoinlandsprodukts und haben es geschafft, diese Quote innerhalb von zehn Jahren zurückzuführen auf 60 Prozent. Wie war das möglich? Weil wir dauerhaftes Wachstum hatten. Wir sind sozusagen aus diesen Schulden herausgewachsen.“ Auf der Basis dieses vergleichsweise niedrigen Schuldenstands kann Deutschland jetzt viel Geld in die Hand nehmen, um die wirtschaftlichen Folgen der Coronakrise zu bekämpfen.

Ausgaben runter, Steuern rauf? Nicht gleich nach dem Ende der Krise

Es ist wichtig, gegebenenfalls hohe Summen zu mobilisieren – das sei eine der Lehren, die die Wirtschaftswissenschaft und auch die Politik aus den Erfahrungen mit früheren Krisen gezogen hätten, sagt Schnitzer: „Im Nachhinein wird jeder sagen, die US-Bank Lehman Brothers pleitegehen zu lassen, war keine gute Idee. Wie es auch schon damals nach der Weltwirtschaftskrise 1929 keine gute Idee war, den Geldhahn zuzudrehen.“ Im Sachverständigenrat sei es heute Konsens, dass nach dem Ende der Coronakrise nicht sogleich Ausgaben gekürzt oder Steuern erhöht werden sollten, denn das könnte die konjunkturelle Erholung auf der Stelle wieder abwürgen: „Das ist historisch, dass über so etwas Einigkeit herrscht in einem Gremium, das sich oft nicht einig ist.“

Schnitzer wünscht sich für wirtschaftspolitische Maßnahmen dabei eine möglichst profunde evidenzgestützte Grundlage. Bei den Entscheidungen, die getroffen wurden, um die Folgen der Coronakrise abzumil-

dern, war aber eine solche empirische Absicherung nicht immer gegeben. Dass Kurzarbeitergeld ein sinnvolles und wirksames Instrument sei, um in einer solchen Krise dauerhafte Arbeitslosigkeit zu verhindern, habe sich schon in der Finanzkrise gezeigt und sei wissenschaftlich seit vielen Jahren gut dokumentiert.

Die empirische Basis für die Entscheidung, als Krisenmaßnahme die Mehrwertsteuer befristet abzusenken, hält Schnitzer hingegen für deutlich wackeliger. Es sei zwar durchaus plausibel, dass eine geringere Mehrwertsteuer den Konsum ankurbelt. Zumal wenn die Absenkung nach einer gewissen Zeit wieder ausläuft und die Menschen deshalb einen Grund haben, eigentlich für später geplante Anschaffungen vorzuziehen, bevor die Mehrwertsteuer wieder angehoben wird. Doch wirklich gut durch Studien abgesichert sei diese Maßnahme nicht gewesen. Schnitzer selbst hat nach der Absenkung der Mehrwertsteuer mit ihrem Team für den Bereich der Auto-kraftstoffe gezeigt, dass die Vergünstigungen durch den niedrigeren Steuersatz bei den Verbraucherinnen und Verbrauchern nur zum Teil angekommen sind.

Schnitzer ist allerdings zögerlich, jetzt schon längerfristige Erkenntnisse aus der Corona-Wirtschaftskrise ziehen zu wollen, bevor die Pandemie wirklich im Griff ist: „Fundierte Forschung braucht Zeit und Daten. Das ist nichts, was man mal eben in einer Woche runterschreibt.“ Es habe zwar seine Berechtigung, wenn verschiedene Forscherinnen und Forscher sowie Institute kurzfristig Veröffentlichungen zu einzelnen wirtschaftlichen Aspekten der Coronakrise erarbeiten. Aber weil sie findet, Bewertungen und Ratschläge sollten sich auf abgesicherte Erkenntnisse stützen können, hält sie sich mit entsprechenden Einschätzungen rund um die Coronapandemie noch zurück.

Wie man klare Erkenntnisse über die Auswirkungen bestimmter wirtschaftspolitischer Maßnahmen gewinnen kann, hat

Schnitzer zuletzt mit einer Untersuchung zur Innovation im Telekommunikationsbereich gezeigt. Mit ihrem Co-Autor hat sie erforscht, wie sich die Vormachtstellung des US-Unternehmens AT&T im Telefonssektor ausgewirkt hat. AT&T hatte Ende des 20. Jahrhunderts eine quasi monopolistische Stellung in den Vereinigten Staaten, die sich bis zu seiner Gründung 1877 zurückverfolgen lässt. Nicht nur das Telefonnetz und die damit verbundenen Dienstleistungen wurden von AT&T kontrolliert, sondern auch die Endgeräte, also vor allem Telefonapparate. 1984 wurde der Großkonzern nach einem Antitrustverfahren zerlegt. Erst dann kam ein echter Wettbewerb im nordamerikanischen Telefonssektor in Gang.

Mit dem Wettbewerb ist Monika Schnitzers Untersuchungen zufolge auch die Innovation in diesem Bereich in Fahrt gekommen. Das lasse sich an der Zahl der Patentanmeldungen deutlich zeigen. Dabei dürfe man nicht den Fehler machen, lediglich einen schlichten Vorher-Nachher-Vergleich anzustellen: „Die Welt kann sich ja auch insgesamt verändert haben. Aber da ist eben solide Wissenschaft gefragt: Man muss passende andere Technologiebereiche als Vergleichsgruppen für die Telekommunikationstechnologie finden, sodass man wirklich auf einen kausalen Effekt schließen kann, wenn es ihn gibt.“

Worauf die Zahl der Patentanmeldungen hinweisen kann

Die Zahl der Patentanmeldungen ist für Schnitzer zwar kein ausreichendes Maß, um ein Rundum-Urteil darüber zu fällen, wie innovativ etwa eine Wirtschaftsregion ist. Dennoch lasse sich daran einiges able-

sen. So macht sich die Wirtschaftsweise beim Blick auf die Zahl der Patente auf dem Feld der Künstlichen Intelligenz (KI) Sorgen, dass Deutschland in der Hochtechnologie ins Hintertreffen geraten könnte. Vor 15 Jahren entfielen in der KI rund sechs Prozent der weltweiten Patentanmeldungen auf Deutschland. Mittlerweile sind es noch drei Prozent, der Anteil ist also um die Hälfte gesunken. Auf den Einwand, dass China bei seinem Siegeszug im Hightech-Sektor andere Länder eben zurückgedrängt und deren Anteile geschmälert hat, bringt Schnitzer schnell ein Gegenargument: „Die USA haben aber ihren Anteil an den KI-Patenten stabil gehalten.“

Blockaden, die die Krise verschärfen

Die gängige Forderung, die Krise in der Wirtschaft als Chance für Veränderung zu sehen, hält Monika Schnitzer für grundsätzlich richtig. Das sei auch dringend nötig, denn: Die Coronapandemie habe gezeigt, dass Deutschland beispielsweise bei der Digitalisierung lange Zeit vieles versäumt habe. Schnitzer war von 2011 bis 2019 Mitglied der von der Bundesregierung eingesetzten „Expertenkommission Forschung und Innovation“.

In dieser Zeit hat sie die Erfahrung gemacht, wie im schulischen Bereich die Digitalisierung durch eine ganze Reihe von Hindernissen ausgebremst wurde. „Es gab von der Bundesregierung ein Fünf-Milliarden-Euro-Paket, den Digitalpakt. Aber der ist bis heute nur ansatzweise umgesetzt worden, weil sich an den Schulen nicht das Personal gefunden hat, um die entsprechenden Maßnahmen umzusetzen.“ Und es habe Eltern gegeben, die sagten: „Die Kinder sollen bitte lesen und schreiben lernen, aber nicht

am Computer rumdaddeln.“ Mit den Erfahrungen vieler Monate im Lockdown werde sich die Haltung zur Digitalisierung an den Schulen endlich ändern, hofft Monika Schnitzer.

Blockadehaltungen, die Krisen eher verschärfen als etwas zu ihrer Überwindung beizutragen, sieht die Wirtschaftswissenschaftlerin auch an anderer Stelle. So besteht etwa Einigkeit darüber, dass die Erd Erwärmung mit größtmöglicher Anstrengung bekämpft werden muss. Doch der deutschen Autoindustrie ist es lange nicht wirklich gelungen, folgende alte Logik zu



Prof. Dr. Monika Schnitzer

ist Inhaberin des Lehrstuhls für Komparative Wirtschaftsforschung an der LMU. Schnitzer, Jahrgang 1961, studierte Volkswirtschaftslehre an der Universität Köln. Promoviert wurde sie an der Universität Bonn, wo sie sich auch habilitierte. 1996 wurde sie an die LMU berufen. Gastprofessuren führten sie unter anderem an die US-Universitäten Harvard, Yale, Berkeley und Stanford. Schnitzer war Vorsitzende des Vereins für Socialpolitik, der wichtigsten Vereinigung deutscher Volkswirtinnen und Volkswirte, und Stellvertretende Vorsitzende der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI). Im Jahr 2020 wurde sie in den Sachverständigenrat der Bundesregierung zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung berufen, also zu den sogenannten Wirtschaftsweisen.

durchbrechen, die nur auf den ersten Blick vernünftig ist: „Wenn ich ein Geschäftsmodell habe, mit dem ich sehr gutes Geld verdiene, habe ich keinen Anreiz, etwas Neues zu entwickeln, denn damit würde ich ja mir selbst Konkurrenz machen.“ Aus dieser Haltung heraus haben Schnitzer zufolge deutsche Autobauer viel zu lange fast ausschließlich auf die Technologie der Verbrennungsmotoren gesetzt, weil sie damit jahrzehntelang an der Weltspitze waren. „Jetzt ist allerhöchste Zeit“, fordert Schnitzer, „den Transformationsprozess voranzutreiben.“ Und fügt hinzu: „Die Europäische Kommission hat die drei großen deutschen Automobilunternehmen sogar im Verdacht, den Wettbewerb bei der Entwicklung von Technologien zur Reinigung der Emissionen von Diesel- und Benzin-Pkw eingeschränkt zu haben.“

Auch in anderen Branchen sieht die Ökonomin zu große Zögerlichkeit, sich auf Neues einzustellen. So haben weite Teile des Einzelhandels, wie etwa Bekleidungsgeschäfte oder traditionelle Warenhäuser, schon vor der Coronapandemie in der Krise gesteckt. Einen Grund dafür sieht Schnitzer darin, dass etliche Handelsunternehmen vor allem jüngere Kundschaft und ihr online-affines Einkaufsverhalten zu wenig im Blick haben.

Wenn traditionelle Einzelhändler über den sich abzeichnenden Strukturwandel klagen, ist das zwar menschlich verständlich, aber ökonomisch wenig zielführend, findet Monika Schnitzer. Sie sieht auch hier vielmehr einen Bereich, in dem Innovation gefragt ist: „Dass ich beispielsweise in einen Laden gehe, etwas anprobiere, und wenn es mir gefällt, kann ich sagen: Das will ich, aber nicht in Blau, sondern bitte in Grün – und dann wird es mir entsprechend geliefert.“ Monika Schnitzer kann verstehen, dass solcher Veränderungsdruck bei Industrie und Handel Unsicherheit auslösen kann. Doch ein Blick nach vorne, so sagt sie, ist überlebenswichtig: „Was wir brauchen, ist wirklich Offenheit für Innovationen. Die Lust auf Neues.“ ■



Geisteskräfte

Peter Falkai untersucht, was das Wort „Krise“ für die menschliche Psyche bedeutet und was dazu beiträgt, dass Menschen aus ihrem Unglück wieder herausfinden können.

Von Nikolaus Nützel



Allein in der Großstadt: Wie Einsamkeit und
Angst in der Krise die Psyche angreifen.
Foto: Florian Gaertner/Photothek via Getty Images

Ein junger Mann, 38 Jahre alt, mit der Krankengeschichte einer tiefgreifenden Psychose. Einige Jahre lang ging es ihm gut. „Der war wunderbar stabil, aber jetzt ist er wieder schwer psychotisch geworden“, sagt Peter Falkai, Direktor der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie der LMU. Einfache Zusammenhänge zwischen Ursachen und Folgen herzustellen verbietet sich in Falkais Fach. Aber eines liegt in seinen Augen auf der Hand: „Da gibt es eine Kombination aus dem allgemeinen Stress durch die Coronakrise und dem Wegfall sozialer Kontakte. Dieser junge Mann kann sich nicht mehr mit anderen treffen, nicht mehr Fußball und Tischtennis spielen wie früher, er sitzt immer nur alleine zu Hause.“ Dann kann eine psychische Störung, die vorher im Griff war, schnell entgleisen.

„Massive Folgen für die psychische Gesundheit infolge der Corona-Maßnahmen“ beklagte die Stiftung Deutsche Depressionshilfe schon nach dem ersten Lockdown. Das Wissenschaftliche Institut der AOK berichtete im Herbst 2020 über spürbar längere Krankschreibungen wegen psychischer Probleme. Allerdings hatten die Krankenkassen schon vor der Coronakrise über viele Jahre hinweg einen Anstieg entsprechender Diagnosen beobachtet. Die Krankenkasse DAK schreibt in ihrem jüngsten „Psychoreport“ von einem „rasanten Anstieg der Arbeitsausfälle“ wegen psychischer Erkrankungen seit der Jahrtausendwende: ein Plus von 137 Prozent zwischen 2000 und 2019.

Der Direktor der LMU-Psychiatrie kennt diese Zahlen. Aber Falkai ist vorsichtig bei ihrer Bewertung. Denn es herrscht in Fachkreisen inzwischen Einigkeit darüber: Der starke Anstieg der Zahlen, die psychische Störungen abbilden, hat auch damit zu tun, dass es bei Therapeuten und Patienten ein größeres Bewusstsein dafür gibt, wie sich psychische Probleme äußern können, und dass sie behandelt werden sollten. Das galt vor der Coronakrise, und es gilt immer noch. Aber es gebe auch keinen Zweifel daran,

dass in seiner Klinik mehr Patienten Hilfe suchen als vor der Corona-Pandemie, sagt Falkai. Und viele kämen erst, wenn sie tief in einer Krise versunken sind: „Wir hatten Patienten mit schweren Depressionen, die so lange abgewartet haben, bis sie völlig abgemagert waren, weil sie nicht mehr richtig gegessen haben; sie waren in einem sehr, sehr kranken Zustand. Das sieht man in Deutschland sonst eigentlich nicht mehr.“ Auch Suchtkranke und Psychotiker, die die Kontrolle über ihr Leben verlieren, suchen in der Coronakrise nicht rechtzeitig Hilfe: „Leute, die aus Angst das Haus nicht verlassen haben und sich keine Medikamente mehr besorgt haben. Oder Leute, die aus Angst angefangen haben zu trinken.“

Jeder Zehnte hat eine erhöhte Vulnerabilität

Falkai will aber kein Horrorszenario über die psychische Gesundheit der Menschen während der Coronakrise zeichnen. Doch wie sehr die Krise schon Gesunde belastet, zeigt die „All-Corona-Care-Studie“, an der Falkai beteiligt war. Rund 10.000 Mitarbeiter des LMU Klinikums wurden dazu befragt, welche Folgen die Corona-Pandemie für sie hat. Dabei hat sich gezeigt: Gut ein Fünftel der Befragten berichtete über eine starke oder erhöhte psychische Belastung. Auch ein beträchtlicher Teil derjenigen, die nicht direkt in der medizinischen Versorgung arbeiten, gaben an, sie seien durch Corona unter belastenden psychischen Stress geraten.

„Gleichzeitig wissen wir schon länger aus bevölkerungsbasierten Studien, dass etwa zehn Prozent der Menschen eine erhöhte Vulnerabilität für psychische Störungen haben“, ergänzt Falkai. Über „besonders vulnerable Bevölkerungsgruppen“ wird seit Ausbruch der Corona-Pandemie oft gespro-

chen. Denn es hat sich gezeigt, dass das Virus vor allem bei Über-80-Jährigen schwere, oft tödliche Verläufe auslöst. In der Psychiatrie war der Begriff der „Vulnerabilität“ bereits vorher eingeführt, jedoch in einer anderen Bedeutung. Nach dem in der Psychiatrie klassischen „Vulnerabilitäts-Stress-Modell“ gibt es einen bestimmten Anteil der Bevölkerung, der besonders anfällig dafür ist, in psychische Krisen zu geraten. Die Auslöser, die in dem Modell unter dem Begriff „Stress“ zusammengefasst werden, können ganz unterschiedlich sein: Gewalterfahrungen, der Tod oder die schwere Erkrankung eines nahen Angehörigen, Scheidung, Verlust des Arbeitsplatzes. Auch der Umzug in eine andere Stadt kann bei besonders vulnerablen Menschen eine psychische Störung auslösen. Viele Effekte der Coronakrise ließen sich allerdings höchstens langfristig einschätzen, erklärt Falkai. So ist während des Jahres 2020 in Deutschland kein spürbarer Anstieg der Selbsttötungen zu beobachten gewesen. Seit etwa 15 Jahren schwankt die Zahl der Suizide zwischen 9.000 und 10.000 pro Jahr. Vorher war es gelungen, die Zahl deutlich zu senken, 1980 hatte sie noch rund doppelt so hoch gelegen. Falkai hält es aber für möglich, dass es einen Anstieg der Selbsttötungen von Menschen geben könnte, die in wirtschaftliche Schwierigkeiten geraten: „Die Frage wird sein, ob die Suizidalität hochgeht, wenn die diversen Schutzschirme nicht mehr greifen.“

Sich damit zu beschäftigen, wie einzelne Menschen und auch ganze Gesellschaften durch eine Krise kommen, ist in Falkais Augen aber eine der großen Herausforderungen der Corona-Pandemie. Sein Fach habe dazu einiges beizutragen, ist er sicher. Die LMU hat nicht nur die „All-Corona-Care-Studie“ auf den Weg gebracht. Die Psychiatrische Klinik der LMU hat auch ein Konzept entwickelt, wie sich Psychiatrien möglichst gut vor einem Corona-Ausbruch schützen können und wie sie mit einem Ausbruch umgehen sollten, falls er eintritt. Dieser „Munich Psychiatric Covid-19 Pandemic Contin-

gency Plan“ ist nach Einschätzung der Autoren als Leitfaden international anwendbar. Ebenfalls unter Mitarbeit von Fachleuten aus München wurden Online-Instrumente und Apps entwickelt, sagt Falkai: „Da geht es darum, das Risiko einzuschätzen, einen Burnout, eine Angsterkrankung, eine Depression zu entwickeln. Ich gebe jeden Tag an, wie es mir geht. Und der Algorithmus rechnet das und gibt dann nach einer Auswertung eine Rückmeldung: Wir haben den Eindruck, es verdichtet sich bei dir. Pass auf, kümmer' dich.“ Sich kümmern kann dann auch heißen, webbasiert Ratschläge zu bekommen, wie sich psychische Probleme angehen lassen, bis hin zu einem „Psychotherapie-Counselling“, bei dem Patienten eine individuelle Online-Betreuung buchen können.

Rezepte, um die Resilienz zu stärken

In der Coronakrise bestätigt sich gleichzeitig eine Erkenntnis, die in den letzten Jahrzehnten immer besser erforscht worden ist. Ein bestimmter Teil der Bevölkerung ist besonders gut gefeit gegen psychische Belastungen. Es gebe Untersuchungen, dass selbst unter Diktaturen oder den unmenschlichen Bedingungen eines Lagers es einem kleinen Teil der Betroffenen gelinge, psychisch gesund zu bleiben. Das seien oft Leute gewesen, sagt Falkai, mit einer Glaubensvorstellung oder einer anderen Idee von etwas Größerem, in die sie ihre Erfahrungen integrieren konnten. „Wenn ich nichts habe, womit ich die Willkür und das, was ich jeden Tag erlebe, einordnen kann, dann wird es unerträglich und macht krank.“ Daraus lasse sich selbst angesichts solcher Extremsituationen ein Schluss ziehen, der in der Forschung immer wieder bestätigt wurde, sagt Falkai: „Menschen mit einem klaren menta-

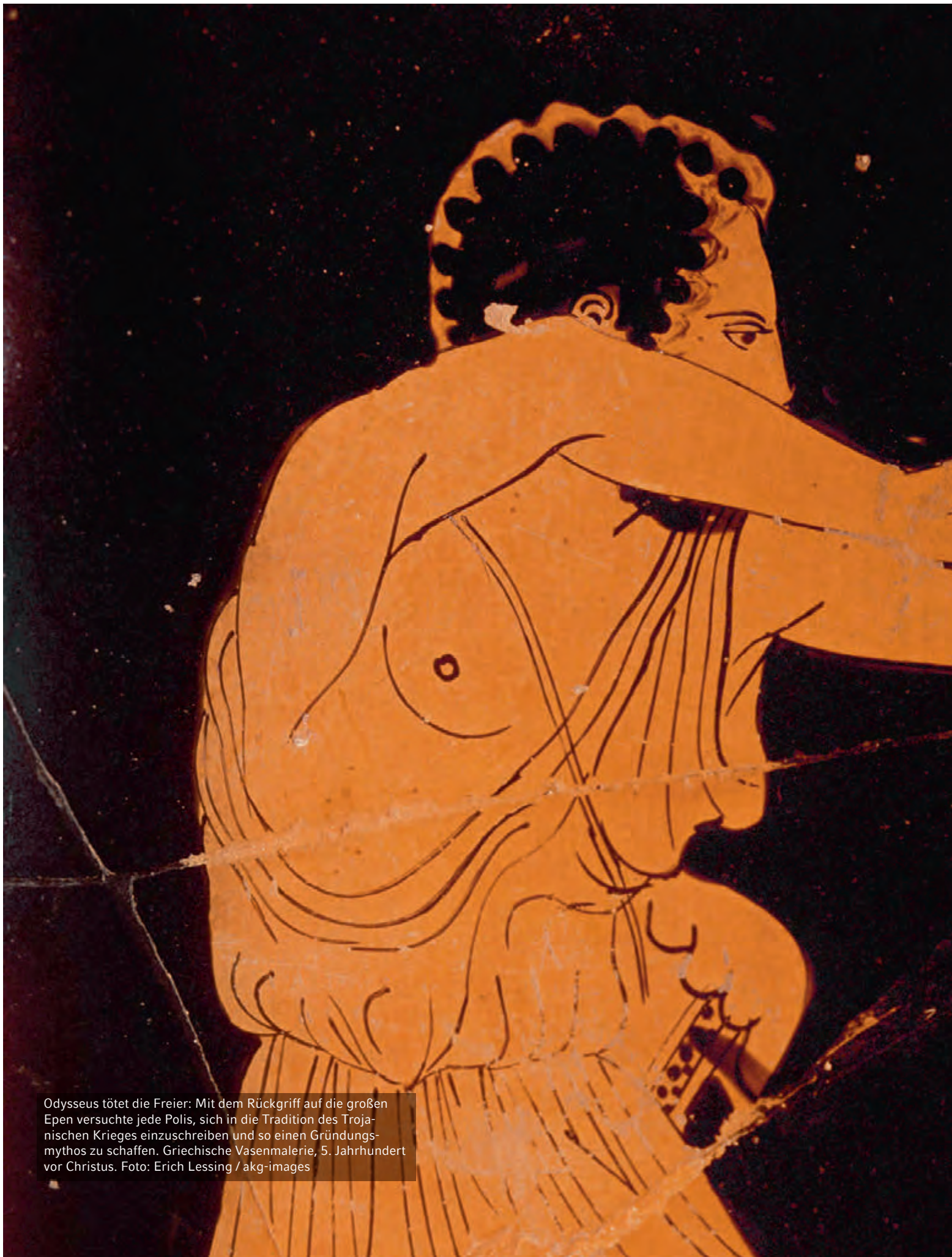
len Rahmen, die für sich ein Lebenskonzept haben, kommen leichter aus Krisen heraus.“ Der Begriff der Resilienz – also die Fähigkeit, Krisen weitgehend aus eigener Kraft zu bewältigen – ist in den vergangenen Jahren ein wenig zum Modewort geworden, Falkai hält es aber für sehr sinnvoll, sich darüber immer wieder Gedanken zu machen. Um die eigene Resilienz zu stärken, gebe es einige Rezepte, mit denen sich psychische Krisen oft zumindest abmildern lassen: „Das, was man gesunde Ernährung nennt, regelmäßiger ausreichender Schlaf, möglichst viel Bewegung, davon wissen wir aus Studien: Wenn diese Faktoren in Ordnung sind, komme ich aus einer Krise leichter raus.“ Wichtig sei auch die Fähigkeit, soziale Kontakte aufzubauen und aufrechtzuerhalten: „Als soziale Wesen, die wir sind, brauchen wir Interaktion, um psychisch gesund zu bleiben.“ Auf die Frage, was ihm selbst hilft, mit Belastung und mit Krisen zurechtzukommen, hat Falkai eine ebenso schnelle wie kurze Antwort: „Humor.“ Falkai ist sicher, dass auch sein Fach künftig noch einiges zur besseren Gesundheit vieler Menschen beitragen kann. „Die Psychiatrie kennt viele Diagnosen und fünf Medikamente“, schrieb Rainald Goetz 1983 noch in seinem Debüt *Irre*. In dem Roman verarbeitet Goetz Erfahrungen, die er damals als junger Arzt in der Universitäts-Psychiatrie in München gemacht hat, bevor er eine erfolgreiche Schriftstellerkarriere begann. Den Fatalismus jedenfalls, der aus einem solchen Satz spricht, teilt der Klinikdirektor Falkai nicht, ganz abgesehen davon, dass die Einschätzung eben auch bald 40 Jahre alt ist. Er ist sicher, dass in vielen Bereichen der Medizin beträchtliche therapeutische Fortschritte gemacht wurden und auch weiterhin möglich sind, auch in der Psychiatrie. Das Ziel müsse dabei nicht unbedingt sein, eine Krankheit in einem Kampf zu „besiegen“, wie es in den Medien oft plakativ formuliert wird. Ein vernünftiges Ziel kann es in Falkais Augen vielmehr sein, auch für Patienten mit schwerwiegenden Diagnosen ein langes, weitgehend beschwerdefreies Leben zu er-

möglichen. Als Beispiel nennt er etwa HIV-Infektionen: früher meist tödlich, heute meist kein Hinderungsgrund für ein gutes, langes Leben. Durch Fortschritte in der Neurologie sei Multiple Sklerose eine Krankheit geworden, mit der viele Patienten lange gut leben können. Ein ähnliches Ziel könnte sich auch die Psychiatrie stecken, findet Falkai: Auch für Patienten mit gravierenden Erkrankungen wie Schizophrenie oder schweren Depressionen einen langfristigen positiven Horizont eröffnen. „Dazu müssen wir die Pathophysiologie noch besser verstehen“, betont er. Wobei er sich bewusst ist, dass es eine gewaltige Herausforderung bedeutet zu erkennen, was auf der Ebene von Zellen oder Transmittern hinter Störungen im menschlichen Gehirn steckt, von dem es ja mitunter heißt, es sei die komplexeste Struktur im bekannten Universum. ■



Prof. Dr. Peter Falkai

ist Direktor der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie des LMU Klinikums. Falkai, Jahrgang 1961, studierte Medizin an der Universität Düsseldorf, wo er an der Psychiatrischen Klinik auch seine Facharztausbildung machte. Danach war er Direktor der Abteilung für Medizinpsychologie und leitender Oberarzt der Psychiatrischen Klinik der Universität Bonn. Falkai war Direktor der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie des Universitätsklinikums des Saarlandes und Direktor der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie der Universität Göttingen, bevor er 2012 nach München kam.



Odysseus tötet die Freier: Mit dem Rückgriff auf die großen Epen versuchte jede Polis, sich in die Tradition des Trojanischen Krieges einzuschreiben und so einen Gründungsmythos zu schaffen. Griechische Vasenmalerei, 5. Jahrhundert vor Christus. Foto: Erich Lessing / akg-images



Im Angesicht des Untergangs

„Alles musste ständig auf den Prüfstand“: Althistoriker Martin Zimmermann
über Aufbruchstimmung und Krisenbewusstsein in der griechischen Polis

Von Hubert Filser

Von den Playmobilfiguren im Regal von Martin Zimmermann darf man sich nicht täuschen lassen. Zwischen Fachliteratur steht da Zeus mit Blitz in der Hand, Bart im Gesicht und goldenem Lorbeerkranz im Haar. Göttervater eben. Auch der römische Angriffstrupp mit Schilden in Formation sieht aus wie im Asterix-Comic. Die Antike als Abziehbild des Tapferen und Edlen. Wer mit Martin Zimmermann über die Antike spricht, sollte besser bereit sein, ein paar gängige Vorstellungen zu hinterfragen. „Die Menschen der Antike lebten in prekären Verhältnissen“, sagt der Münchner Althistoriker. „Die positiven Vorstellungen sind eher Idealbilder der Neuzeit, sie haben mit der antiken Realität wenig zu tun.“

Die Poleis, wie man die antiken griechischen Bürgerstaaten nennt, hatten regelmäßig mit diversen Krisen zu kämpfen: Hungersnöten, Erdbeben und innerpolitischen Spannungen. Aber was ist dann mit den gigantischen Bauten wie dem Parthenon auf der Akropolis in Athen? „Das sind Ausnahmen, die durchschnittliche Polis war klein“, sagt Zimmermann. „Wenn Sie eine Vorstellung von der Größe antiker Städte bekommen wollen, gehen Sie einfach mal nach Oberammergau. Es waren Face-to-Face-Gesellschaften, jeder kannte dort jeden.“

Zimmermann beschäftigt sich als Professor für Alte Geschichte an der LMU mit der Polis als neuer Lebensform in der Antike, mit ihren sozialen Strukturen und den komplexen Beziehungen zwischen Stadt und Hinterland. Daher kann er gut erklären, wie das alles doch zusammenpasst, die großen Erzungenschaften einerseits und die prekären Verhältnisse andererseits. Und wie sich die Stadtgesellschaften über Jahrhunderte trotz Dauerkrise stabilisieren konnten.

Zur Beantwortung dieser komplexen Fragen schickt einen der Althistoriker zunächst zurück zu den Anfängen der jungen griechischen Gesellschaften der Antike. Diese sind ab dem 8. Jahrhundert vor Christus greifbar, während über die vorhergehenden

Jahrhunderte kaum etwas bekannt ist. In der Folge des sogenannten Seevölkersturms um 1200 vor Christus verschwanden zunächst die alten Kulturen wie etwa die Mykener. Im folgenden Dunklen Zeitalter formierten sich neue, aufstrebende Adelsgesellschaften. Sie werden in den Epen Homers, der berühmten *Ilias* und der *Odyssee* gefeiert, die wie ein Paukenschlag die überlieferungslose Zeit beenden. Die Adligen mussten sich aber gleichzeitig erst einmal ihrer Existenz versichern, sich gegen Flügelkämpfe, Intrigen und Machtverschiebungen im Inneren behaupten, gegen äußere Feinde wehren und mit Naturkatastrophen und Epidemien klar kommen. Antike Gesellschaften, selbst mächtige Städte wie Athen, „waren in einem ständigen Krisenmodus“, sagt Zimmermann.

Die Stadtgesellschaft – wie sie sich formierte

Genau dies aber war auch die Triebfeder für die spätere kulturelle Blüte der griechischen Stadtstaaten, ihre Dominanz und ihren Erfolg selbst auf Sizilien und in Unteritalien. Spätestens seit Alexander dem Großen findet man Poleis dann in großen Teilen des Mittelmeerraums und bis in den Nahen Osten. „Die junge Gesellschaft war in ständiger Bewegung“, sagt der Althistoriker. „Sie zog einen wichtigen Teil ihrer Kraft zur Erneuerung aus der Bewältigung instabiler Verhältnisse.“

Um in dieser fragilen Umgebung überhaupt städtische Strukturen etablieren zu können, mussten die Menschen lernen, mit den Unsicherheiten umzugehen – ein Thema, das letztlich angesichts großer Krisen wie dem Klimawandel auch heute wieder aktuell ist. Die Menschen der Antike wussten, dass sie mit der ständigen Gefahr des Untergangs leben mussten. „Für sie war es auch

kein Widerspruch, einerseits in prekären Verhältnissen zu leben, andererseits ihre Städte auch als Orte der Lebensfreude, des Optimismus und Tatendrangs zu sehen“, sagt Zimmermann.

Der Münchner Historiker zeichnet das Bild einer hochdynamischen Gesellschaft, die sich erst finden und als Stadtgesellschaft formieren musste. „Es gab verschiedene soziale Gruppen: die reichen Großbauern, die man als Adelige bezeichnen könnte, aber auch Unfreie und Tagelöhner, die Kleinbauern, die Fremden“, sagt Zimmermann. In diesen aus heutiger Sicht eher dörflichen Gemeinschaften beschloss man, ein Zentrum zu bilden, mit einem zentralen Kult, einer Götterverehrung, mit einem Platz, an dem man sich versammelt, um Entscheidungen zu treffen. „Man muss die Situation einfach denken“, erklärt Zimmermann. Es ging zunächst um kleine Schritte, die aber große Fragen aufwarfen: Wer trifft die Entscheidungen, ein Einzelner oder die Gemeinschaft? Wie verteilt man Aufgaben und Ämter, etwa Priesterschaft oder militärische Führung? Wie löst man einen Konflikt? Alles musste ständig neu ausgehandelt werden: die Rolle und die Auswahl zentraler Amtsträger, die Frage, wie lange Menschen Ämter innehatten, wer an Entscheidungen beteiligt sein sollte und wer an Versammlungen als Bürger teilnehmen durfte. Dafür gab es in den einzelnen Poleis unterschiedliche Ansätze. „Athen preschte schließlich mit seiner Demokratie-Idee vor, was in vielen anderen Städten für Probleme sorgte: Wollte man auch eine demokratische oder doch lieber die alte oligarchische Herrschaft oder riss gar ein Alleinherrscher, ein Tyrann, die Macht an sich?“, erzählt Zimmermann. Als Form der Bewältigung solcher Konflikte erfanden die Athener für ihre Polis das sogenannte Scherbengericht, bei dem jeder angeklagt werden konnte, nach der Tyranis zu streben, und zum Verlassen Athens verurteilt werden konnte.

Oft gelang es auch nicht, den Streit beizulegen, sagt Zimmermann. Ständige Bürger-



Auf eine ganze Heerschar von Göttern zu setzen, war eine Krisenbewältigungsstrategie in antiken Gesellschaften: der Moschophoros, der ein Kalb zum Opferaltar trägt – eine Figur auf der Akropolis. Foto: DeAgostini/Getty Images

kriege waren die Folge. „Der Streit um die Verfassung wurde mit brutalen Mitteln ausgetragen, es ging um Macht, Reichtum, Geld“, sagt Zimmermann. „Die Oligarchen und die Demokraten stritten um die Vorherrschaft, dahinter steckten handfeste Interessen.“ Allerdings war den Menschen auch klar, dass Dauerzwist keine Lösung war, wenn sie ein normales Leben führen wollten. „Zum Überleben war hier ein Konsens notwendig.“ Die Menschen wollten die Situation in den Griff bekommen.

Gesetze als Ansatz zur Krisenbewältigung

Als Beleg dafür verweist der LMU-Althistoriker auf die frühesten Gesetze, die sich genau mit der Verteilung von Ämtern und mit sozialen Fragen beschäftigten. Historische Texte verraten, dass es beispielsweise große Unzufriedenheit darüber gab, dass immer die gleichen Familien mächtige Positionen besetzten, also etwa die Priester stellten und den Oberbefehl innehatten. Die Bevölkerung war mit der Art, wie Herrschaft ausgeübt wurde, häufig nicht einverstanden und forderte Transparenz ein, also die Aufzeichnung von Gesetzen. „Gesetze sind oft als Reaktionen auf eine Krise erlassen worden“, sagt Zimmermann. „Es sind sozusagen verschriftlichte Lösungsansätze.“

Der athenische Staatsmann Solon etwa verfasste im frühen 6. Jahrhundert vor Christus ein Bündel von Gesetzen zu Fragen wie der Schuldknechtschaft oder der Desintegration der Adelswelt. „Auch Drakon, bekannt für seine drakonischen Strafen, tat nichts anderes, als bereits bekannte Strafen zu verschriftlichen“, sagt Zimmermann. Später übernahmen etwa die Römer diese Tradition, indem sie Zwölf-Tafel-Gesetze auf dem Forum Romanum aufstellten, damit die

Menschen verlässlich nachschauen konnten, nach welchen Kriterien Entscheidungsträger urteilten.

Für den Althistoriker sind die Umbrüche in antiken Gesellschaften ein Paradethema, er arbeitet gerade an einem neuen Buch über die „Lost Cities“ der Antike, aufgegebene Orte, die wie selbstverständlich neben Neugründungen lagen. Zimmermann erzählt begeistert von seinen Recherchen. Forschern der Universität New York zufolge habe es 38.000 Städte in der Antike gegeben, die diese in ihrem sogenannten „Pleiaden“-Projekt erfasst haben. Oft waren es nur autarke Ortschaften mit einem zugehörigen Umland. „Gründung, Entstehung, Zerstörung und Aufgabe von Orten waren allgegenwärtig“, sagt Zimmermann. „Die Ruinen waren selbstverständlicher Teil der antiken Welt.“ Für sein Buchprojekt über „Lost Cities“, darüber, wie antike Gesellschaften sie wahrnahmen und mit ihnen umgingen, forschte Zimmermann als Senior Fellow am Historischen Kolleg in München. „Mir sind solche Bücher, die auch ein breiteres Publikum interessieren können, wichtig“, sagt Zimmermann. Viele Themen der Antike hätten auch heute noch eine breite Relevanz. Es ging damals, vor mehr als 2.000 Jahren, weniger um den morbiden Charme, den heutige „Lost Cities“ ausüben, sondern um die Erinnerung daran, wie brüchig das Leben ist. Die Menschen sollten sich auch an die durchlebten Krisen erinnern, sie sollten darüber nachdenken, was falsch gelaufen war und ins Desaster geführt hatte.

Mit Göttern durch die Krisen

„Gegen Erdbeben oder Ernteauffälle aufgrund von Dürren konnten sich die Menschen in der Antike kaum schützen“, erklärt

Zimmermann. „Solch große Krisen konnten sie nur als Zeichen deuten, dass sie bei der Verehrung der Götter etwas falsch gemacht hatten. Sie lebten mit dem Gefühl, dass alles bedrohlich war.“ Einen richtigen Krisenbegriff habe es überraschenderweise in der Antike dennoch nicht gegeben. Der Begriff existierte nur in der Medizin: Es ist ein bestimmter Punkt im Krankheitsverlauf, an dem es entweder wieder bergauf oder eben bergab geht. „Auf das krisenhafte Leben stellten sich die antiken Gesellschaften ein, indem sie sich eine ganze Heerschar von Gottheiten zur Seite stellten, die einem helfen sollten“, erzählt Zimmermann. Geburten beispielsweise waren extrem angstbesetzt, es gab bis zu 30 Gottheiten, für alle Phasen der Geburt, um die Angst zu mildern. Auf die Präsenz der Götter zu setzen, war eine Krisenbewältigungsstrategie. Der komplexe Kosmos der Götter wie auch viele antike Texte, die davon handeln, spiegeln also auch diese alltäglichen Widrigkeiten und Unsicherheiten wider. Die Geschichten erzählen davon, wie wichtig es war, Ordnung in die Welt zu bringen, den äußeren Feind zu besiegen, das Ungeheuer, die Gefahr.

Im Kern transportieren aber gerade die großen Epen wie die *Ilias* mit ihrem Kampf um Troja noch eine andere Botschaft: „Diese Werke vermitteln auch eine historische Tiefe, die die junge Gesellschaft so gar nicht hatte“, sagt Zimmermann. „Man versuchte, über einen Mythos einer heterogenen Gesellschaft eine historische Basis zu geben, es ging darum, ein Wir-Gefühl der Griechen zu erzeugen. Wer im Schiffskatalog von Homers *Ilias*, der die Kriegsschiffe, die Anführer und Herkunftsorte der beteiligten Kämpfer aufzählt, nicht gelistet war, gehörte zunächst auch nicht zum innersten Kreis der antiken Gesellschaft. Jede Polis versuchte daher auf unterschiedliche Art, einen Bezug herzustellen und sich in die Tradition des Trojanischen Krieges einzuschreiben.“ Die Erzählungen bildeten eine Art äußeren Rahmen, um Gründungsmythen der einzelnen

Stadtgemeinschaften zu erfinden. Das nahm teilweise skurrile Züge an, in vielen Poleis gab es Gedenktafeln und Reliquien von Helden aus dem Trojanischen Krieg der *Ilias*. Man suchte irgendwelche alten Waffen und schrieb sie gezielt einzelnen Heroen der Dichtung zu. „Das ist ähnlich wie später bei der Heiligenverehrung im Mittelalter, bei der auch irgendwelche Reliquien wie Knochen oder Haare in den Kirchen gezeigt wurden“, sagt Zimmermann. Die Menschen handelten sogar mit alten Knochen von Elefanten und gaben sie als Gebeine mächtiger Heroen aus. „Aus heutiger Sicht sind das recht plumpe Fälschungen“, sagt Zimmermann. „Aber da-mals legte man Echtheit durch rationale Entscheidungen fest, da sie einen wichtigen Zweck hatte und nicht hinterfragt wurde.“ Auch Herodot wollte den Griechen Mitte des 5. Jahrhunderts vor Christus mithilfe seiner Historien, seiner großen Geschichtsschreibung, das Gefühl der Gemeinschaft verleihen.

Gewalt war die Basis der Macht

Zusammenhalt im Inneren war offenbar überlebenswichtig, denn die Welt der griechischen Kleinstaaten war stark vom Krieg geprägt. Auch Athen beispielsweise war bei seinem Aufstieg zur Macht nicht gerade zimperlich. Städte und Inseln, die auf Neutralität pochten, wollte es nicht akzeptieren. Auf Melos etwa wurden zur Machtdemonstration alle Männer getötet und Frauen sowie Kinder in die Sklaverei verkauft. Athen setzte ein deutliches Zeichen für das Recht des Stärkeren. „Gewalt oder zumindest die Androhung von Gewalt war die Basis für Macht“, sagt Zimmermann. Es gab ständig Konflikte mit Nachbarn, selbst die kleinste Polis bestand noch auf Eigenstän-

digkeit und hatte eigene Streitkräfte. „Sie konnte sich so aber nur vor Räubern und kleineren Angriffen schützen“, sagt Zimmermann. „Gegen große Heere hatte sie keine Chance. Da blieb ihr, sich zu ergeben und den Herren zu wechseln, an den man Tribute zahlte. Das brachte aber keine Polis in große Schwierigkeiten. Problematisch konnte es sein, wenn es innerhalb der Bürgerschaft einen Dissens gab, ob man sich unterwerfen sollte oder nicht.“

Die Poleis entwickelten bei ihren innerstädtischen Auseinandersetzungen sehr früh auch einige sehr originelle Lösungsansätze. „In einigen Städten wurden politisch-soziale Konflikte innerhalb der Führungsschicht und zwischen den reichen adeligen Bauern und den einfachen Tagelöhnern so stark, dass die Stadtversammlung beschloss, einen Teil der Bürgerschaft an einen anderen Ort auszusenden“, sagt Zimmermann. „Hier ging es darum, einen Bürgerkrieg zu vermeiden.“ Der Konflikt wurde durch Teilung der Gesellschaft gelöst. Historiker sprechen von der großen Kolonisation. „Die Gründung vieler griechischer Kolonien von Marseille oder Tarent im Mittelmeerraum bis zu Städten am Schwarzen Meer ist das Ergebnis einer Krise“, sagt der Münchner Althistoriker.

Historische Quellen berichten von aus heutiger Sicht eigenwilligen Beschlüssen der Stadtversammlung oder der herrschenden Führungsschicht, dass nämlich beispielsweise jeder zweite Sohn einer Familie in die Fremde ziehen müsse, manchmal auch alle Männer einer unterlegenen Gruppierung. Parallel befragte man das Orakel von Delphi, wohin die Siedler segeln sollten. Die Abfahrt verlief ebenfalls nach strengen Ritualen. So versenkte man etwa ein Metall im Meer zusammen mit dem Gelübde, erst wiederzukommen, wenn das Metall wieder aus dem Meer aufsteige. „Das war ein Ewigkeitsgelübde.“

Zimmermann hält die Aussendung eines Teils der Stadtgesellschaft für einen wichtigen Mechanismus der Krisenbewältigung,

sogar für ein Erfolgsmodell. „Das führte oft zu blühenden neuen Städten, Innovationen wirkten sogar zurück auf die alten Städte, etwa Ideen zur urbanen Ausstattung von Städten mit regelmäßigem Straßennetz und guter Durchlüftung anstelle von verwinkelten Gassen mit schlechter Luft, wie Aristoteles schreibt“, erzählt Zimmermann. „Die Siedler konnten in der Kolonie neue Ideen ausprobieren, von der Architektur bis zu sozialen Verteilungsmodellen. In einigen Kolonien wurde Land beispielsweise verlost und nicht allein nach sozialer Stellung verteilt.“ Vielleicht ist also das die große Lehre aus der Antike, aus ihrer Geschichte des Erfolges trotz aller prekären Verhältnisse: „Die Gesellschaften wollten aus der Krise lernen, also musste alles ständig auf den Prüfstand.“ ■



Prof. Dr. Martin Zimmermann

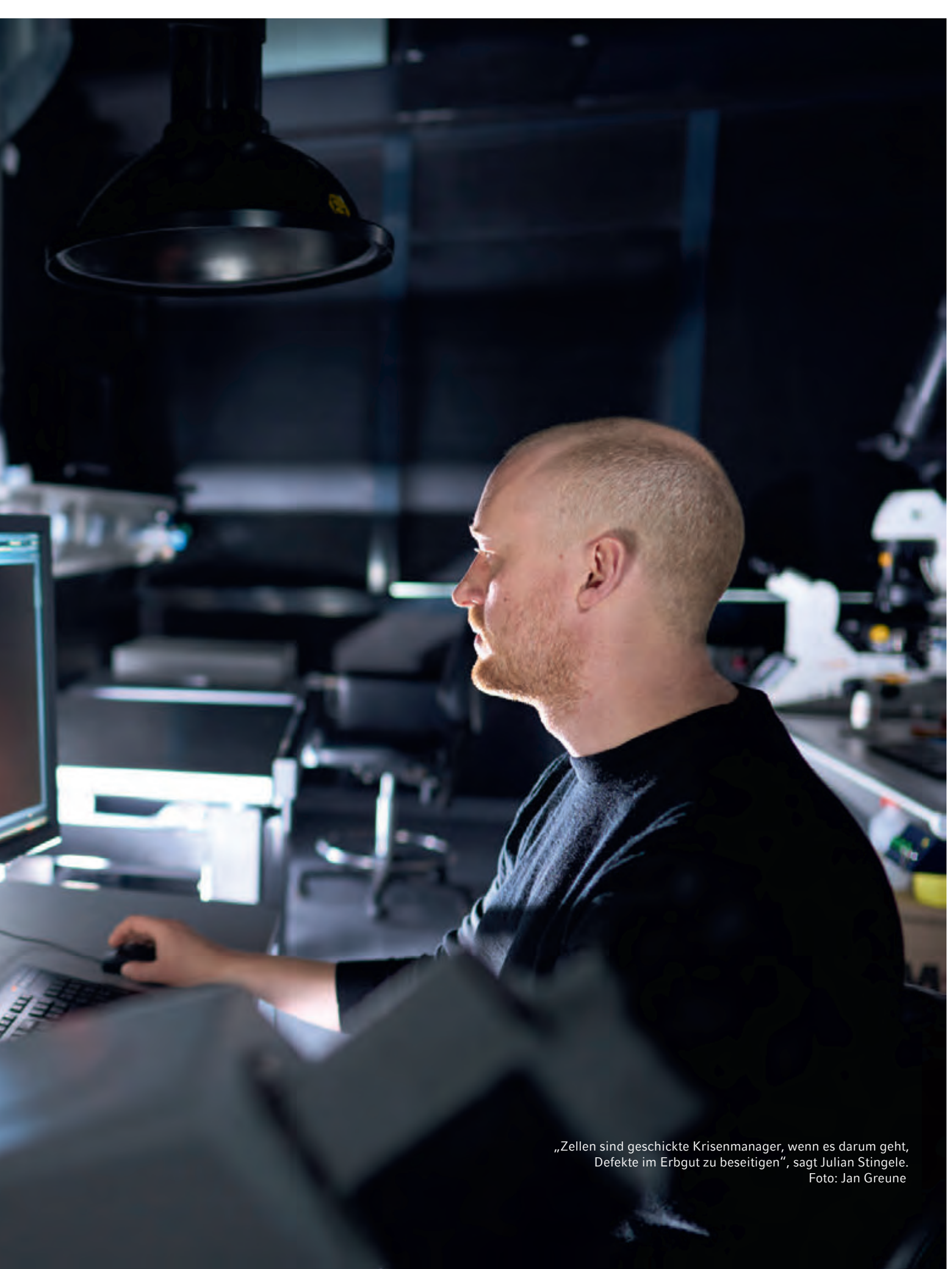
ist Inhaber des Lehrstuhls für Alte Geschichte an der LMU. Zimmermann, Jahrgang 1959, hat an der Universität Kiel Geschichte und Germanistik studiert. Er wurde an der Universität Tübingen im Fach Alte Geschichte promoviert. In Tübingen habilitierte er sich und lehrte als Akademischer Rat, bevor er 2002 nach München berufen wurde. Er ist Autor auch mehrerer populärwissenschaftlicher Bücher, zum Beispiel *Gewalt. Die dunkle Seite der Antike* und *Die seltsamsten Orte der Antike*. Zimmermann ist Sprecher des 53. Deutschen Historikertages 2021 in München.



In der Wartungsschleife

Molekulare Krisenabwehr: Laufend müssen Zellen Schäden am Erbgut aus eigener Kraft beheben. Julian Stingle hat einen bislang unbekannten Weg entdeckt, auf dem sie ihre DNA reparieren.

Von Michael van den Heuvel



„Zellen sind geschickte Krisenmanager, wenn es darum geht,
Defekte im Erbgut zu beseitigen“, sagt Julian Stinglele.
Foto: Jan Greune

Die Zellen des menschlichen Körpers stehen unter Beschuss. Energiereiches, kurzweiliges Licht der Sonne setzt ihnen zu, toxische Substanzen etwa im Zigarettenrauch oder zahlreiche aggressive Chemikalien können ihr Erbgut schädigen. Auch manche Viren, freie Radikale oder auch Röntgen- oder Gammastrahlung greifen die DNA-Doppelhelix in ihrem Zellkern an. Ständig sind die Zellen gefordert, solche Gefahren abzuwehren.

„Neben diesen äußeren kennen wir auch zahlreiche innere Einflüsse, die für das Erbgut kritisch werden können“, sagt Julian Stingle. Bestimmte reaktive Moleküle, die für den normalen Stoffwechsel in Zellen wichtig sind, können mit anderen Biomolekülen unkontrolliert im Körper reagieren. Das Problem dabei: Dieser Kontrollverlust könne schädliche Nebenwirkungen haben, so Stingle. Insgesamt ist jede Zelle unseres Körpers Tag für Tag Zehntausenden von DNA-Schäden ausgesetzt.

LMU-Biochemiker Stingle untersucht in seinen Labors im Genzentrum mithilfe modernster Technologien, wie Zellkulturen mit der ständigen Gefahr umgehen und wie sie gelernt haben, Schäden im Erbgut aus eigener Kraft zu beheben. Er hat dabei sogar einen weiteren Reparaturmechanismus entdeckt, der sich womöglich für eine maßgeschneiderte Krebsbehandlung nutzen lässt. Auf jeden Fall formuliert Stingle gleich zu Beginn des Gesprächs eine gute Nachricht: „Zellen sind geschickte Krisenmanager, wenn es darum geht, Defekte im Erbgut zu beseitigen. Im Lauf der Evolution haben sie sich einige raffinierte Mechanismen angeeignet.“ Zwei Fertigkeiten hält der Biochemiker dabei für zunächst einmal entscheidend. Zum einen bemerken Zellen relativ schnell, dass sie geschädigt worden sind. Ein spezifisches Sensor-Protein erkennt beispielsweise anhand spezifischer Muster, wenn UV-Licht das Erbgut verändert hat. Zum anderen registriert die Zelle, wenn sie sich nicht mehr korrekt teilen kann. Sie löst daraufhin eine Art molekularen Notruf aus

und sendet chemische Botenstoffe aus. Es folgt eine Art zelluläre Notbremsung: Augenblicklich werden viele zelluläre Prozesse angehalten oder heruntergefahren. „Das ist wie ein Lockdown der Zelle“, sagt Stingle. Zellen erkaufen sich so Zeit, um Schäden zu reparieren.

Nach der Notbremsung ergeben sich drei Möglichkeiten: Ist eine Zelle nicht so stark in Mitleidenschaft gezogen, begibt sie sich in die sogenannte Seneszenz. Das bedeutet: Stoppmechanismen sorgen dafür, dass sie sich nicht weiter teilen kann. Die Zelle erfüllt aber weiter ihre Aufgaben in einem bestimmten Gewebe. „Eine weitere Vermehrung wäre zu gefährlich“, sagt Stingle. „Krebs könnte so entstehen.“

Sind die Schäden aber gravierender und gibt es keine Möglichkeit mehr, Defekte zu beseitigen, nehmen die betroffenen Zellen ein dramatisches Ende – sie leiten ihr eigenes Ableben ein. Apoptose, induzierter Zelltod, nennen Forscher diese drastische Maßnahme. „Während der Evolution hat sich herauskristallisiert, dass es von Vorteil ist, sich zu opfern, damit der gesamte Organismus überlebt“, sagt Stingle. Das Immunsystem räumt danach alle Überreste auf.

Das Reparaturprogramm arbeitet auf Hochtouren

In den allermeisten Fällen finden Zellen jedoch ihren Weg aus der molekularen Krise. Wie genau sie Fehler aus eigener Kraft beheben, erforschen Wissenschaftler seit Jahrzehnten. Die Bedeutung der Erkenntnisse unterstreicht unter anderem der Nobelpreis, den die Biochemiker und Molekularbiologen Tomas Lindahl, Paul Modrich und Aziz Sancar im Jahre 2015 erhielten. Lindahl etwa erkannte, dass in jeder Zelle eine Art Werkstatt speziell für das Erbgut existiert.

Sie ist in der Lage, eine einzelne Base, also einen Buchstaben im genetischen Code, zu ersetzen, sollte dieser defekt sein. Der Mechanismus ermöglicht es, den DNA-Baustein herauszuschneiden und auszutauschen. Mehrere Enzyme lesen dabei den noch intakten zweiten DNA-Strang ab und bauen den richtigen Ersatz ein. Gäbe es diese Korrektur nicht, würden sich Fehler im Erbgut in immer mehr Zellen ausbreiten. Ähnliche Reparaturmechanismen gibt es etwa, wenn der komplette DNA-Doppelstrang bricht, hier fügen Enzyme die losen Enden wieder zusammen.

Gefährliche Quervernetzungen

Aus wissenschaftlicher Sicht galt die DNA-Reparatur damit im Grundsatz als vergleichsweise gut erforscht. Doch nun entdeckte Julian Stingle mit seinem Team einen weiteren Reparaturmechanismus. „Das war völlig unerwartet“, sagt der LMU-Wissenschaftler. Er hilft, sogenannte Crosslinks zwischen der DNA und Proteinen zu beseitigen, die verhindern, dass sich die Doppelhelix in zwei Einzelstränge aufspaltet. Diese Trennung ist eine Voraussetzung für einen funktionierenden Stoffwechsel und nicht zuletzt dafür, dass sich Zellen teilen können. Ist sie nicht gegeben, geraten die Zellen in die Bredouille.

Normalerweise bewegen sich Proteine frei in einer Zelle. Sie wechselwirken, soweit erforderlich, mit dem Erbgut oder lösen sich wieder davon ab, etwa bei der Vorbereitung von Zellteilungen. Zu Problemen kommt es, sobald im Stoffwechsel reaktive Moleküle wie beispielsweise Formaldehyd oder Acetaldehyd entstehen. „Aus dem Labor kennen wir die toxischen Eigenschaften dieser Chemikalien“, sagt Stingle. Diese bifunktiona-



Zellschäden im Fokus: Analyse von Reparaturmechanismen. Foto: Greune



Wie lässt sich die molekulare Krisenabwehr stärken?
Vorbereitung von Experimenten. Foto: Jan Greune

len Moleküle können die DNA mit Proteinen verknüpfen und auf diese Weise die schädlichen Brücken bilden. „Wann genau DNA-Protein-Crosslinks, kurz DPCs, entstehen, ist noch unklar“, sagt Stingeles. „Wir wissen aber, dass sie die ganze Zeit auftreten.“

Wie erkennt das Enzym den Schaden an der DNA?

Doch auch für diese Krisensituation haben Zellen einen Reparaturmechanismus, diesen hat Julian Stingeles vor ein paar Jahren schon während seiner Doktorarbeit am Max-Planck-Institut in Martinsried entdeckt. Er fand heraus, dass bestimmte Proteasen die Querverlinkungen wieder trennen, indem sie verklebte Eiweiße von der DNA lösen. Dabei handelt es sich um hochspezialisierte Enzyme, die sich durch die Evolution hindurch erhalten haben. Sie kommen in Hefen ebenso vor wie im Menschen. Im ersten Fall laufen sie unter der Bezeichnung Wss1, in Säugetieren als SPRTN. Stingeles hat die Reparaturfunktion im Labor mithilfe von Zellkulturexperimenten nachgewiesen. Als die Forscher Zellen herstellten, denen diese Enzyme fehlen, war deren Erbgut vergleichsweise instabil. Die Zellen reagierten auch empfindlicher auf Formaldehyd als solche, die SPRTN oder Wss1 in ausreichender Menge produzieren.

Stingeles und sein Team wollten daraufhin klären, wie sichergestellt ist, dass solche Enzyme zum richtigen Zeitpunkt aktiv werden. Die Aufgabe, die die Proteasen haben, ist schließlich nicht ganz einfach: Es gibt eine ganze Anzahl verschiedener Crosslinks, die sie als fehlerhaft identifizieren müssen, die sich je nach beteiligtem Protein und verklebter DNA-Stelle aber unterscheiden. Mithilfe von Kernresonanzspektroskopie entdeckten die Forscher in Kollaboration mit

Kollegen der Technischen Universität München zwei molekulare Taschen in der Protease SPRTN. Diese hochspezifischen Bindungsregionen erkennen offenbar doppelsträngige und einzelsträngige DNA. Das Enzym wird nur aktiv, wenn es beide Arten des Erbguts zusammenvorfindet: eine Konstellation, die sich genau dann ergibt, wenn Crosslinks vorhanden sind, so Stingeles: „Das ist wie bei einem kaputten Reißverschluss: Versucht sich eine geschädigte Zelle zu teilen, bleibt der DNA-Reißverschluss an der Stelle mit dem Schaden, also der Querverlinkung, hängen, der Doppelstrang kann sich nicht weiter teilen.“

Das Thema habe weit über die Grundlagenforschung hinaus große Relevanz, sagt Stingeles. Denn die neuen Erkenntnisse er-



Prof. Dr. Julian Stingeles

ist Professor für Zelluläre Biochemie am Genzentrum der LMU. Stingeles, Jahrgang 1984, studierte Biologie an der Universität Konstanz. Er wurde mit einer Arbeit am Max-Planck-Institut für Biochemie in Martinsried an der LMU promoviert. Stingeles war Postdoktorand am Francis Crick Institute, London, Großbritannien, bevor er an die LMU zurückkam. 2018 erhielt er einen hochdotierten Starting Grant des European Research Council (ERC) und den Alfred Krupp-Förderpreis für junge Hochschullehrer. Seit Kurzem ist der LMU-Wissenschaftler zudem Young Investigator der European Molecular Biology Organization (EMBO).

weiterten nicht nur den Blick auf Fragen von Krebsentstehung und Zellalterung, sie könnten auch von unmittelbarer therapeutischer Bedeutung sein. Mit dem Wissen um den neuentdeckten Reparaturmechanismus hofft der Biochemiker, auch einen neuen Ansatz gefunden zu haben, mit dem sich Krebserkrankungen effektiver und zielgenauer behandeln lassen.

Eine neue Strategie gegen Krebszellen

Nahezu die Hälfte aller gängigen Behandlungsregime setzt heute auch auf Chemotherapeutika, die DNA-Protein-Crosslinks in den Tumorzellen auslösen und sie damit abtöten. Krebszellen sind nämlich besonders anfällig dafür, aufgrund von Mutationen haben sie nur eingeschränkte Möglichkeiten, Crosslinks zu reparieren. Daher ist die Protease SPRTN für sie überlebensnotwendig. „Diese Reparaturenzyme sind darum womöglich ausgezeichnete Ziele für eine zielgenau zugeschnittene Krebstherapie“, sagt Stingeles.

„Unser Ziel ist quasi, Zellen in der Krise zu lassen, indem wir SPRTN hemmen.“ Verhindert man die Reparatur in den Krebszellen, gehen sie zugrunde. Gesunde Zellen nehmen demgegenüber keinen Schaden, weil sie – im Unterschied zu mutierten Krebszellen – noch weitere Möglichkeiten haben, um Fehler zu beheben. „Damit könnten wir also spezifisch Krebszellen treffen“, hofft der Forscher. Zusammen mit seinem Team sucht er jetzt nach niedermolekularen Wirkstoffen, um das Reparaturenzym SPRTN auszuschalten. Diese Kandidaten planen die LMU-Forscher dann mit umfangreichen Tests an Zellkulturen zu untersuchen. So könnte zumindest diese künstlich ausgelöste Krise auf molekularer Ebene auch ihr Gutes haben. ■



Leben im Takt

Der Rhythmus des Stoffwechsels: Die Biologin Maria Robles analysiert, wie die innere Uhr Tag und Nacht Proteinstatus und -aktivität in den Zellen steuert.

Von Stefanie Reinberger



„Schlaf hat seit der Industrialisierung den Ruf, Zeitverschwendung und Zeichen von Faulheit zu sein – völlig zu Unrecht“, sagt Chronobiologin Maria Robles. Foto: Jan Greune

Es begann in einem alten Wehrmacht-bunker in Andechs und sollte zu einem bahnbrechenden Experiment werden: Über viele Jahre hinweg bezogen rund 400 Freiwillige ein kleines Apartment, zunächst in besagtem Bunker, später in einem eigens eingerichteten Schlaflabor, und begaben sich dort für mehrere Wochen in totale Isolation. Sie waren völlig alleine. Wochenlang hatten sie keinen Kontakt zu anderen Menschen, sahen kein Tageslicht, hörten keinerlei Geräusche aus der Außenwelt – nichts, was einen Hinweis auf die Tageszeit hätte geben können. Dennoch lautete die Aufgabe der Probanden, einen möglichst geregelten Tagesablauf zu leben: mit drei Mahlzeiten und Schlafphasen, die gefühlt der Normalität entsprachen. Das gelang ihnen erstaunlich gut – auch wenn sich bei den meisten der Probanden mit der Zeit eine gewisse Verspätung einschlich und sie jeden Tag ein bisschen später aus den Federn kamen.

Damit war schon seit den 1980er-Jahren klar: Wir besitzen eine innere Uhr. Chronobiologen sprechen von ihr als einer zirkadianen Uhr, abgeleitet vom lateinischen „circa“ (ungefähr) und „dies“ (Tag). Der biologische Rhythmus dauert bei den meisten Menschen etwas länger als eine Erdumdrehung, nämlich um die 25 Stunden. Seltener ist der innere Tag kürzer als 24 Stunden. Umweltfaktoren stellen die innere Uhr, allen voran das Licht. So passt sich der Körper immer wieder dem 24-Stunden-Rhythmus an. Doch der eigentliche Taktgeber steckt im Inneren eines jeden Organismus – und das vermutlich schon seit Urzeiten. Wissenschaftler gehen davon aus, dass die zirkadiane Uhr bereits früh in der Evolution entstanden sein muss. Denn sie existiert selbst bei einfachsten Lebewesen. So steigen bestimmte marine Dinoflagellaten, ertümelich anmutende Einzeller, schon eine Stunde vor Sonnenaufgang an die Wasseroberfläche, um pünktlich mit der Photosynthese zu beginnen. Noch vor Sonnenuntergang sinken die Einzeller wieder in die Tiefe.

Zirkadiane Rhythmen sind keine zufällige Laune der Natur – und wir tun gut daran, uns an bestimmte Zeiten der Ruhe, der Aktivität, der Nahrungsaufnahme und so weiter zu halten. Davon ist Maria Robles, Professorin für Chronobiologie an der LMU, überzeugt. Sie wundert sich, wenn sie beispielsweise mitbekommt, dass manche versuchen, möglichst wenig zu schlafen – aus Überzeugung, dadurch produktiver zu sein. „Schlaf hat seit der Industrialisierung den Ruf, Zeitverschwendung und ein Zeichen von Faulheit zu sein – völlig zu Unrecht“, sagt die Wissenschaftlerin.

Elektrisches Licht, Nachtschichten, lange Fernsehabende, nächtliches Surfen im Internet – der Homo sapiens gibt sich alle Mühe, seine innere Uhr aus dem Takt zu bringen. Und dafür zahlt er einen hohen Preis. „Es gibt unzählige Studien, die belegen, dass ein Leben entgegen der inneren Uhr der Gesundheit massiv schaden kann“, betont Chronobiologin Robles. So erhöht ein dauerhaft gestörter biologischer Rhythmus – etwa durch Schichtarbeit – das Risiko unter anderem für Übergewicht, Diabetes, Krebs, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Depressionen.

Kleine chemische Anhängsel regulieren die Aktivität

Doch warum ist es nicht egal, wann wir schlafen, essen, arbeiten? Auf diese Frage haben Wissenschaftler kaum Antworten. „Im Feld wurde viel epidemiologisch und auf der Verhaltensebene untersucht“, sagt Robles. Die Forscher haben bislang hauptsächlich das Gesamtbild im Blick. Doch nicht nur der Organismus als Ganzes verfügt über eine innere Uhr. In jeder einzelnen Zelle tickt ein kleines Uhrwerk, das ihr einen Rhythmus

vorgibt, welche Funktionen etwa gebraucht werden. Und das wiederum spiegelt sich darin wider, welche Proteine zu bestimmten Zeiten vorhanden und aktiv sind.

Robles zählt zu den weltweit führenden Forschenden im Feld der zirkadianen Proteomik. Sie ist zirkadianen Rhythmen in Zellen, Geweben und Organen mithilfe eines Massenspektrometers auf der Spur. So analysiert sie, wie sich die Gesamtheit der Proteine in einer Zelle oder einem Gewebe im Rhythmus der inneren Taktgeber verändert: Welche Eiweißmoleküle sind zu einem bestimmten Zeitpunkt vorhanden und in welcher Menge? Wo in der Zelle befinden sie sich? Welche chemischen Modifikationen, die über die Aktivität von Eiweißmolekülen bestimmen, tragen sie?

Robles hat herausgefunden: Ein wichtiger Schalter, den die innere Uhr nutzt, sind sogenannte Phosphorylierungen von Proteinen, einem zentralen Mechanismus, der ihre Aktivität reguliert. Dabei versehen Enzyme die Eiweißmoleküle mit Phosphatmolekülen, kleinen chemischen Anhängseln als Markierungen. Dieser Prozess ist umkehrbar. „Wir haben beobachtet, dass in Leberzellen von Mäusen etwa 25 Prozent aller Proteine mit der Tageszeit ihre Phosphorylierung und damit ihre Aktivität verändern“, sagt die LMU-Forscherin. Rund 2.000 solcher Verschiebungen im Phosphorylierungsstatus zwischen Tag und Nacht hat das Team um Robles in der Mäuseleber ausgemacht. „Sie können sich das vielleicht so vorstellen: Am Morgen stellen Sie den Computer an, um mit der Arbeit zu beginnen. Und wenn Sie dann Feierabend machen, schalten Sie ihn wieder aus.“

Deutlich wird: Die Leber, unser zentrales Stoffwechselorgan, arbeitet tagsüber anders als in der Nacht. Denn die veränderte Phosphorylierung wirkt sich nicht nur auf die betroffenen Eiweißmoleküle selbst aus, sondern auch auf die Signalwege, an denen sie in der Zelle beteiligt sind. Das könnte zur Konsequenz haben, dass auch unsere Nahrung vom Körper anders verarbeitet wird, je



Zirkadiane Proteomik: Mithilfe eines Massenspektrometers untersucht das Team um Maria Robles (rechts, hier mit ihrer Mitarbeiterin Tanja Bange), inwieweit sich die Gesamtheit von Proteinen in den Zellen im Tagesrhythmus verändert.
Foto: Jan Greune



„Es gibt unzählige Studien, die belegen, dass ein Leben entgegen der inneren Uhr der Gesundheit massiv schaden kann“, sagt Maria Robles. Foto: Jan Greune

nachdem, wann wir sie aufnehmen. Und dass Medikamente, zu bestimmten Zeiten eingenommen, besser wirken – oder eben nicht.

Auch in anderen Organen und Körperregionen verändern sich Proteine und ihre Phosphorylierung im Verlauf des Tages. Im Gehirn zum Beispiel – insbesondere beim Übergang vom Wach- in den Schlafzustand und zurück zum Wachsein. Gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen von der Universität Zürich hat Robles wiederum bei Mäusen die Menge und die Zusammensetzung von Proteinen in den Synapsen untersucht. Dabei handelt es sich um die Verbindungen zwischen zwei Nervenzellen, die dafür Sorge tragen, dass Signale weitergeleitet und schließlich verarbeitet werden können. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler machten vor allem zu zwei Zeiten große Umbrüche aus: am Abend, wenn der sogenannte Schlafdruck steigt, also eine Müdigkeit aufkommt. Und im Morgengrauen verändert sich die Proteinzusammensetzung erneut, also dann, wenn es an der Zeit ist, wach und aktiv zu werden.

Auffällig war außerdem, dass am Morgen vor allem Proteine entstanden waren, die der Funktion der Synapsen zugutekommen, also eine gute Reizverarbeitung während des Tages gewährleisten. Abends hingegen traten vor allem Eiweißmoleküle auf den Plan, die das Gehirn bei der Erholung unterstützen.

Schlafmangel bringt das ganze System durcheinander

Aber nicht nur das. Mit ihrem Münchner Team nahm Chronobiologin Robles die Phosphorylierung im Gehirn noch einmal unter die Lupe. Und auch hier zeigte sich ein klarer Wechsel zwischen Tag und Nacht.

Ähnlich wie bei der Leber veränderten 25 Prozent, also rund 2.000 Proteine, ihren Phosphorylierungsstatus und damit auch ihre Aktivität – zur Schlafenszeit und erneut in der Aufwachphase.

Doch was, wenn man die Mäuse nicht schlafen lässt? „Schlafmangel bringt das ganze System durcheinander“, resümiert Robles. Das betrifft sowohl die Menge und Zusammensetzung der Proteine als auch ihre Phosphorylierung. Interessanterweise wurden die meisten Gene nach wie vor abgelesen und auch die mRNA, also die Bauanleitung für Eiweißmoleküle, entstand. Doch dann war Ende: Die Synthese der Proteine war offensichtlich blockiert. Außerdem veränderte sich das Phosphorylierungsmuster der vorhandenen Eiweißmoleküle nicht in gewohnter Form. Das könnte erhebliche Auswirkungen auf das Gehirn und seine Funktion haben. Denn das erholt sich – und mit ihm der gesamte Körper – im Schlaf nicht nur. Während wir ruhen, bildet sich auch unser Gedächtnis aus und Gelerntes verfestigt sich.

„Wir wissen längst, dass ein veränderter Tagesrhythmus auf Dauer die Gesundheit beeinträchtigt“, betont Robles. Um herauszufinden, wie das passiert, gelte es Vergleiche zu ziehen zwischen einem „normalen“ Verhalten und einem, das entgegen der inneren Uhr läuft. „Das kann neben dem Schlaf zum Beispiel auch das Essverhalten betreffen“, sagt Robles. Wenn wir rund um die Uhr es-

sen, stopfen wir sehr wahrscheinlich auch mehr Kalorien in uns hinein. „Aber vielleicht macht es eben auch einen Unterschied, zu welcher Uhrzeit wir Nahrung aufnehmen – und wie der Körper sie dann verarbeiten kann.“

Die innere Uhr könnte diagnostische Ergebnisse beeinflussen

Robles Vision ist, dass ihre Arbeit eines Tages Einzug in die medizinischen Routinen hält. „Es ist für mich offensichtlich, dass Medikamente anders wirken, je nachdem wann sie eingenommen werden“, sagt sie. Darauf deuten ihre eigenen Forschungsergebnisse zur Leber überzeugend hin. „Aber wahrscheinlich sind auch Untersuchungen oder auch Operationen nur zu bestimmten Zeiten sinnvoll.“ Denn wenn die innere Uhr die Körperfunktionen im zirkadianen Rhythmus steuert, könnte dies auch diagnostische Ergebnisse beeinflussen – oder wie gut sich der Körper nach einem Eingriff erholt. Und vielleicht ist es chronobiologisch gesehen gar nicht sinnvoll, Patienten in aller Frühe zu wecken, um die Körpertemperatur zu messen und das tägliche Programm zu starten. „Es wird sicher nicht leicht sein, diese Denkweise auf klinische Routinen zu übertragen“, vermutet Robles. Das würde bedeuten, Abläufe komplett umzustrukturieren – und sie wahrscheinlich auch zu verkomplizieren. Denn die innere Uhr tickt bei jedem Patienten ein wenig anders. Doch bis dahin kann jeder Einzelne etwas für sich tun: Er kann für regelmäßige und ausreichende Schlafenszeiten sorgen. Und aktive Phasen sowie Mahlzeiten weitestgehend auf den Tag legen. „Leben Sie nicht entgegen Ihrer inneren Uhr“, fasst Robles zusammen. „Dann ist schon viel gewonnen.“ ■

Prof. Dr. Maria Robles

ist Professorin für Systems Chronobiology am Institut für Medizinische Psychologie der LMU. Robles, Jahrgang 1974, studierte Biologie an der Universidad de León, Spanien, und wurde an der Universidad Autónoma de Madrid, Spanien, promoviert. Sie war Postdoc an der Harvard Medical School, Boston, USA, anschließend Marie Curie Research Fellow und Projektleiterin am Max-Planck-Institut für Biochemie in Martinsried, bevor sie 2017 an die LMU berufen wurde.

The background of the entire page is a vibrant, abstract image of a cosmic scene. It features a deep blue and purple color palette, with numerous small, bright white and yellow stars scattered throughout. There are also larger, diffuse nebulae in shades of green and yellow, creating a sense of depth and vastness. The overall effect is that of a deep-space photograph or a digital simulation of the universe.

Im Datenuniversum

Raum und Zeit in 320 Millionen Megabyte: Der Astrophysiker Klaus Dolag untersucht in Simulationen, wie sich der Kosmos entwickelt.

Von Alexander Stirn



Simulierter Kosmos: Der massereichste Galaxienhaufen, den der Magneticum Pathfinder berechnet hat, besteht aus hunderten Galaxien (weiß), dazwischen befindet sich heißes (hellblau) und kaltes Gas (braun). Bild: Hirschmann et al./Magneticum Pathfinder

Für sein eigenes, kleines Universum steht Klaus Dolag auch mitten in der Nacht auf. Wenn es sein muss, sogar mehrmals. Er schaut dann nach dem Rechten. Er passt auf, dass nichts schiefgeht. Er sorgt dafür, dass das Kleine wächst und gedeiht. Wobei, so klein ist Dolags Universum gar nicht: 12,5 Milliarden Lichtjahre misst es in jede der drei Raumrichtungen. Verglichen mit dem Durchmesser des gesamten von der Erde aus sichtbaren Universums, von Kosmologen auf 93 Milliarden Lichtjahre geschätzt, ist das gar nicht so viel weniger. Es gibt aber einen anderen, durchaus großen Unterschied: Dolags Universum ist nicht real, es ist eine Simulation, eine der komplexesten und detailliertesten in der Kosmologie. Bereits 2015 hat der Astrophysiker sie am Münchner Hochleistungsrechner SuperMUC erstellt – drei Wochen und viele schlaflose Nächte lang. Noch immer beschäftigt sie ihn. Schließlich gibt es in einem eigenen Universum, auch wenn es nur auf einer Vielzahl von Festplatten existiert, immer etwas zu entdecken. Und immer etwas zu verbessern. Aber warum simulieren Astrophysiker überhaupt ein Universum, wenn es da draußen doch ein echtes, noch dazu größeres gibt? „Wenn man den Himmel beobachtet, sieht man nur eine Momentaufnahme“, sagt Klaus Dolag. „Wir aber wollen wissen, wie das Universum entstanden ist, wie es sich entwickelt und welche physikalischen Prozesse dabei wichtig sind.“

Die entscheidende Kraft im Universum

Das klingt einfacher, als es ist. Wer den Kosmos simulieren will, braucht – neben immenser Rechenleistung – vor allem zwei Dinge: die passenden Anfangsbedingungen,

von denen die Rechnerei ausgehen soll, und die richtigen physikalischen Formeln, um das Universum und seine Entwicklung zu beschreiben. Beides ist noch immer mit vielen Unsicherheiten behaftet: Niemand war beim Urknall vor 13,8 Milliarden Jahren dabei, dem Beginn von Raum und Zeit. Rasend schnell muss sich das Universum damals von einem Punkt zu einer gigantischen Gaswolke ausgedehnt haben – wie genau, dazu gibt es nur Theorien.

Zum Glück für Astrophysiker wie Klaus Dolag, den Leiter des Computational Center for Particle and Astrophysics (C2PAP) im Exzellenzcluster ORIGINS, existiert allerdings ein Babyfoto des Universums. Aufgenommen kurz nachdem sich der erste Nebel gelichtet hatte, zeigt es leichte Unregelmäßigkeiten in einer Struktur, die Physiker den kosmischen Mikrowellenhintergrund nennen. Offensichtlich war schon damals die Materie im Universum leicht unterschiedlich verteilt. Es gab Dichteschwankungen, aus denen sich später Sterne, Galaxien und Galaxienhaufen entwickeln sollten.

Genau diese Unregelmäßigkeiten gehen als Startbedingungen in die Simulation ein. Von hier an wird das Zusammenspiel physikalischer Prozesse so komplex, dass nur noch aufwendige Simulationen es im Detail beschreiben können. „Ganz wichtig ist dabei die Gravitation“, sagt Klaus Dolag. „Das ist die entscheidende Kraft, die unser Universum bestimmt.“ Dank Einsteins Relativitätstheorie sind die Gesetzmäßigkeiten der Gravitation wohlbekannt. Bilden sich aus einem Gas Wolken und später Sterne, spielen aber noch andere Effekte eine Rolle: Die Auswirkungen der Hydrodynamik müssen berücksichtigt werden, Magnetfelder und am besten auch hochenergetische Teilchen.

Das Problem: Sämtliche Vorgänge bis hinunter auf die atomare Ebene zu berechnen, würde die Grenzen des Machbaren sprengen. Bei einer Kantenlänge der Simulation von 12,5 Milliarden Lichtjahren, unterteilt in 180 Milliarden kleine Elemente, ist es nicht einmal möglich, das Schicksal einzel-

ner Sterne zu berücksichtigen. Stattdessen greifen die Physiker zurück auf sogenannte phänomenologische Modelle: auf Erkenntnis- und Erwartungswerte. Sie berücksichtigen zum Beispiel, wie oft Sterne im Durchschnitt explodieren, welche Energie sie dabei freisetzen, wie sie ihre Umgebung verändern und was das für die Geburt neuer Sterne sowie die Evolution des Universums bedeutet. Wie stark sich solche Effekte in den einzelnen Regionen des simulierten Universums auswirken, hängt stets von den berechneten Umgebungsbedingungen ab. „Je dichter das Gas in einem Sternentstehungsgebiet ist, desto mehr Sterne bilden sich zum Beispiel“, sagt Dolag. „Das ist ein universales Gesetz.“

Dunkle Materie, Dunkle Energie – der große Rest

Aber war das immer so? Oder war der Effekt im frühen, noch dichteren Universum anders ausgeprägt? Dolag zuckt mit den Schultern. „Das ist unklar, und das ist eines der großen Defizite, die im Moment alle Simulationen haben.“ Erschwerend kommt hinzu, dass Physiker längst nicht alle Prozesse im Kosmos verstanden haben. So bestehen nur knapp fünf Prozent der gesamten Masse und Energie des Universums aus sichtbarer Materie, die sich mit bekannten Gesetzen beschreiben lässt. Der Rest setzt sich aus Phänomenen zusammen, die Kosmologen „Dunkle Materie“ und „Dunkle Energie“ nennen – „dunkel“, weil sie sich nicht beobachten lassen und deshalb kaum etwas über sie bekannt ist. Für die Simulationen bedeutet das: Die Physiker können lediglich die aus der Beobachtung bekannten Auswirkungen dieser Phänomene einbauen. Mehr nicht.

Klaus Dolags simuliertes Universum ist dennoch keine Spielerei. Es ist keine Farm auf



Drei Wochen lang den gesamten Supercomputer am Leibniz-Rechenzentrum in Garching ausgelastet: Klaus Dolag hat schon einmal eine hochkomplexe und besonders detaillierte Simulationen des Universums gerechnet. Foto: Christoph Olesinski/LMU

dem Handy, die gepflegt wird, die gedeiht und Spaß machen soll. Mit ihren kosmologischen Simulationen wollen die Forscher vielmehr Phänomene entdecken, die im Universum noch nicht erkannt werden konnten. Und sie wollen Beobachtern helfen, verwirrende Entdeckungen besser zu verstehen. Seit Langem grübeln Forscher zum Beispiel darüber nach, dass nur etwa drei bis vier Prozent der sichtbaren Materie in Form leuchtender Sterne im Universum verteilt sind. Ein weiterer, etwas größerer Teil steckt als heißes Gas in Galaxienhaufen, das nur im Röntgenlicht gesehen werden

kann. Von rund der Hälfte der Materie im lokalen Universum fehlt jedoch jede Spur.

Kühle Fäden aus Gas

Theoretiker vermuten, dass sie in dünnen, verhältnismäßig kühlen Fäden aus Gas steckt, aus denen die Galaxien einst entstanden sind und die sie heute wie ein Spinnen-

netz verbindet. Mit einer errechneten Dichte von nur zehn Atomen pro Kubikmeter haben sich diese Gasstrukturen bislang aber allen Teleskopblicken entzogen. Oder vielleicht auch nicht. Das deutsche Röntgenteleskop eROSITA konnte letztes Jahr erstmals eine Struktur ausmachen, die solchen Phänomenen ähnelt: einen 50 Millionen Lichtjahre langen Gasfaden zwischen zwei Galaxienhaufen. Ein Teil der fehlenden Materie? Klaus Dolag schaute in seiner Simulation nach und fand zwischen zwei Haufen fast dieselbe Konfiguration. Von einer „frappierenden Ähnlichkeit“ sprechen die betei-



Frappierende Ähnlichkeit: Der Millionen Lichtjahre lange, dünne Gasfaden zwischen zwei Galaxienhaufen aus der Simulation (oben) sieht aus wie auf den Bildern von Röntgenteleskopen. Bild: Klaus Dolag

lichten Astrophysiker. Es ist zwar kein Beweis, aber ein wichtiges Indiz. Und ein Zeichen, dass Dolag mit seinem Universum wohl doch nicht so falsch liegt. Im Gegenteil.

Die Vorzüge eines simulierten Kosmos

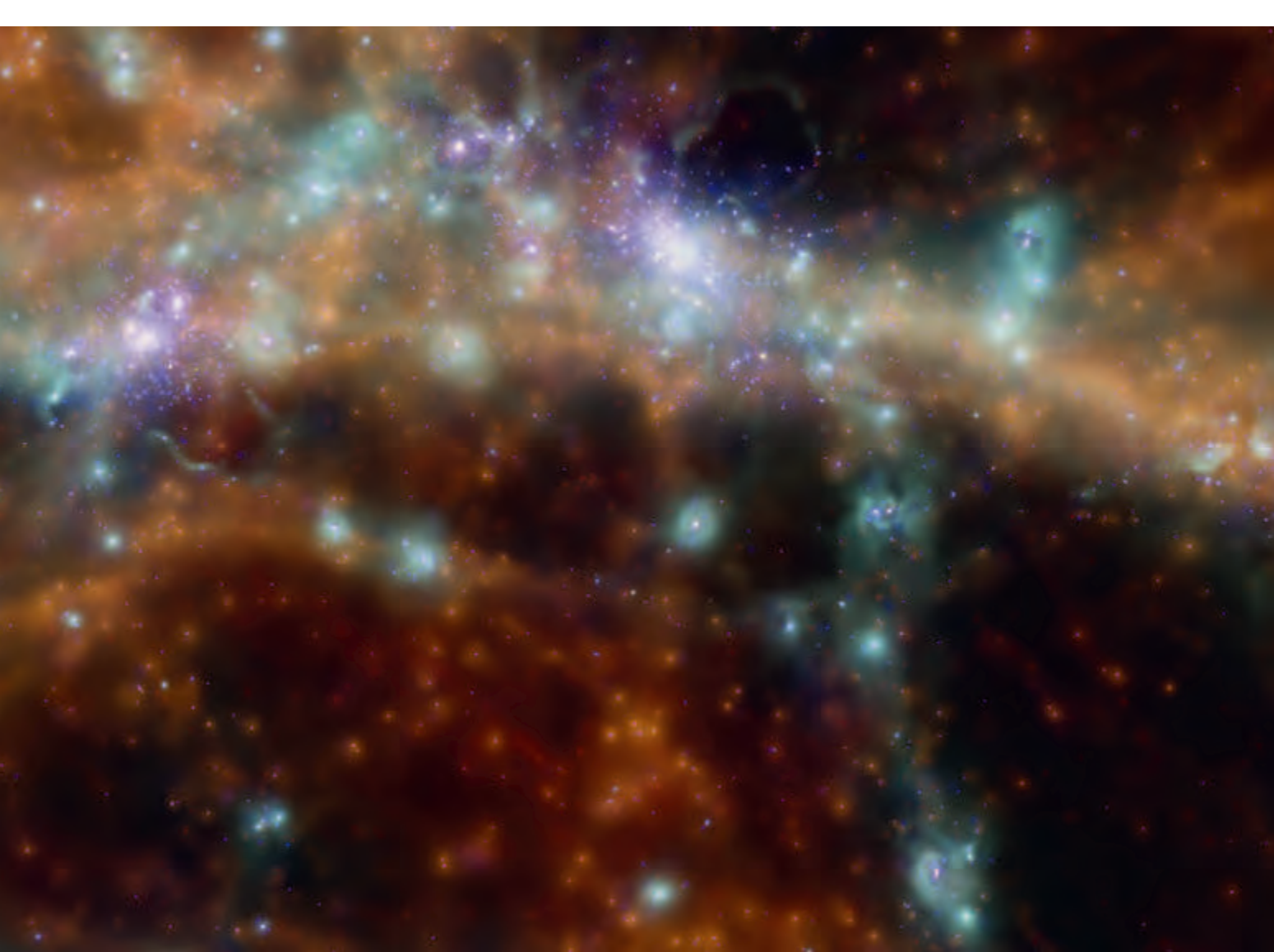
Ein simulierter Kosmos hat noch andere Vorteile: Physiker können an ihm gezielt herumschrauben und können schauen, was sich verändert – zum Beispiel bei der Dunklen Materie. Als kalte Teilchen, die nicht miteinander kollidieren, geht der mysteriöse Stoff derzeit in die Berechnungen ein.

Was aber, wenn Dolag ihm andere Eigenschaften verpasst, wie sie von manchen Theoretikern postuliert werden? Gerät das simulierte Universum dann aus dem Gleichgewicht? Oder entspricht es noch stärker der Realität?

All das ist allerdings extrem aufwendig. Vor sechs Jahren, als sich Dolag nachts mehrmals den Wecker stellte, um frühmorgens beim ersten Kaffee nicht davon überrascht zu werden, dass die Berechnung zwischenzeitlich ausgestiegen war, blockierte die Simulation drei Wochen lang den gesamten Supercomputer im Münchner Leibniz-Rechenzentrum. Alle 86.016 Recheneinheiten widmeten sich damals dem Magneticum Pathfinder, so der Name der Simulation. „Da waren sehr viele andere Benutzer sehr unglücklich“, sagt Dolag. 25 Millionen Prozessorstunden kamen unterm Strich zusam-

men und 320 Millionen Megabyte an wissenschaftlichen Daten.

Das ist nichts, was sich alle paar Jahre aufs Neue umsetzen lässt – nicht, wenn man hinterher noch Freunde unter den Kolleginnen und Kollegen haben will. Zudem hält in solch kurzen Zeitabständen die benötigte Rechenleistung nicht Schritt mit den stets steigenden Anforderungen an Auflösung und Genauigkeit. Soll zum Beispiel jedes Element einer Simulation mit einer Million anderen Komponenten wechselwirken und nicht wie zuvor mit 100.000 Nachbarn, steigt der Aufwand für die Kommunikation um den Faktor hundert. „Hat dieser Teil vorher ein Prozent der Rechenzeit ausgemacht, lastet er plötzlich den gesamten Rechner aus“, sagt Dolag. Der Astrophysiker geht daher davon aus, dass bis zur nächsten großen, verbesserten Simulation mindestens fünf Jahre vergehen



werden. Außerdem, das haben erste Testberechnungen gezeigt, braucht es dafür die nächste Generation von Supercomputern. Vielleicht sogar die übernächste.

Wie verhält sich das Gas in den Galaxienhaufen?

Derweil arbeitet Dolag an den Details solcher künftiger Simulationen. Im vergangenen Jahr erhielt der Physiker dafür eine Förderung des Europäischen Forschungsrats. Mithilfe dieses Advanced Grants, der mit bis zu 2,5 Millionen Euro dotiert ist, wollen Dolag und sein Team berechnen, wie sich das

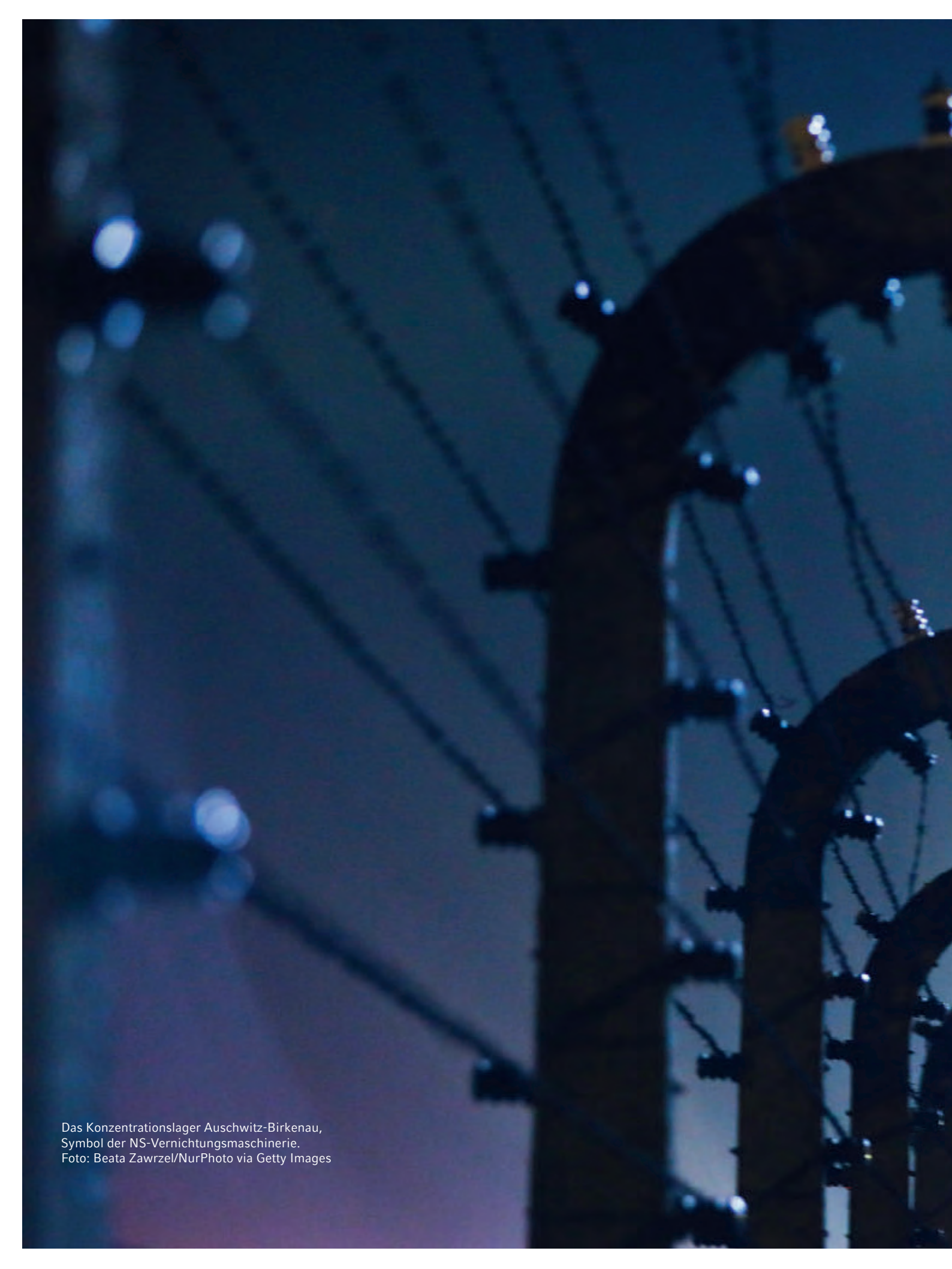
dünne geladene Gas in den Galaxienhaufen verhält. Und dieses Mal sollen in der Simulation tatsächlich Prozesse, die auf atomarer Ebene ablaufen, besser berücksichtigt werden. Dolag will die mikroskopischen Prozesse verstehen, die Abläufe auf kleinsten Skalen. Später sollen diese Erkenntnisse in die großen Simulationen mit ihren immensen Abmessungen einfließen. Sie sollen Aufschluss geben, welche Rolle die Leitfähigkeit, die Zähigkeit sowie die Turbulenzen von Gasen spielen und wie all das in künftigen Berechnungen berücksichtigt werden kann – wann immer die Supercomputer (und die Kolleginnen und Kollegen) dazu bereit sein mögen.

Denn eines ist klar: Für Dolag soll es auch in Zukunft bei Simulationen bleiben. Mit eigenen Augen in den Nachthimmel zu schauen, reizt den Astrophysiker nicht, auch wenn

er an der Universitätssternwarte der LMU arbeitet. „Es ist doch viel schöner“, sagt Dolag und lächelt feinsinnig, „ein ganz eigenes Universum zu haben und nicht nur einen Teil eines anderen Universums beobachten zu müssen.“ ■

Dr. Klaus Dolag

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung für Computational Astrophysics an der Universitätssternwarte der LMU und leitet das Computational Center for Particle and Astrophysics im Exzellenzcluster ORIGINS. Dolag, Jahrgang 1970, studierte Physik an der Technischen Universität München und wurde mit einer Arbeit am Max-Planck-Institut für Astrophysik in Garching an der LMU promoviert, wo er sich auch habilitierte. 2020 zeichnete ihn der Europäische Forschungsrat mit einem Advanced Grant aus.



Das Konzentrationslager Auschwitz-Birkenau,
Symbol der NS-Vernichtungsmaschinerie.
Foto: Beata Zawrzel/NurPhoto via Getty Images



Erben der Erinnerung

„Wir müssen den Holocaust ganz selbstverständlich als Teil der deutschen Geschichte akzeptieren“: Die Zeithistorikerin Kim Wünschmann, die Leiterin des NS-Dokumentationszentrums München, Mirjam Zadoff, und der Historiker Michael Brenner im Gespräch.

Moderation: Hubert Filser und Martin Thureau



Den Überlebenden ein Gesicht geben: Der Fotograf Martin Schoeller hat 75 Frauen und Männer, die die Gräueltaten des Holocaust mitangesehen, erduldet und überstanden haben, in Israel besucht und sie porträtiert. Auf den Bildern sind (von links nach rechts) Yaakov (Jacki) Hendeli, Miriam Steiner-Aviezer, Jacob Philipson-Armon, Silvia Aharon, Yona Amit, Shimon Greenhouse, Avraham Harshalom, Sara Leicht und Morde-

Rodeln über den Gräbern von Buchenwald, Junggesellenabschiede am Berliner Holocaust-Mahnmal – geraten die Toten des nationalsozialistischen Völkermordes in Vergessenheit, in den Nebel der Gleichgültigkeit? Oder was sagen solche Alltagsszenen über das Erinnern?

Brenner: In Vergessenheit? Nein, aber sie rücken natürlich im Lauf der Zeit in historische Ferne. Umso mehr bleibt es die Herausforderung, die NS-Zeit deutlicher in Erinnerung zu behalten als manche anderen Phasen der deutschen Geschichte. Und wenn Sie mich auf das Rodeln und ähnliche Entgleisungen ansprechen, die gab es leider auch schon früher. Auch in den 1950er-Jahren ging man mit diesen Erinnerungs-orten nicht immer so um, wie wir es wünschen würden.

Zadoff: Wir denken manchmal, Deutschland wäre gleich nach 1945 in eine Art Erinnerungskultur eingestiegen. Nein, es war ein schmerzhafter und langer Prozess, der vor allem von den Überlebenden getragen

wurde und in der allgemeinen Bevölkerung erst einmal nicht viel bewirkte. Was wir jetzt ein Dreivierteljahrhundert später in Zeiten der Pandemie erleben, gibt einem das Gefühl, dass die Demokratie in einer Krise steckt. Denn der öffentliche Raum, in dem Demokratie stattfindet, kommt uns ja in Teilen abhanden – und wird instrumentalisiert, um nur ein Beispiel zu nennen, mit Selbstinszenierungen von Corona-Leugnern als Anne Frank oder Sophie Scholl.

Charlotte Knobloch, die Präsidentin der Israelitischen Kultusgemeinde München und Oberbayern, mahnt auf eine andere, sehr eindringliche Weise: „Judenfeindliches Denken und Reden bringt wieder Stimmen, ist wieder salonfähig – von der Schule bis zur Corona-Demo und natürlich im Internet, dem Durchlauferhitzer für Hass und Hetze aller Art“, sagte sie am Holocaust-Gedenktag Ende Januar im Bundestag. Würden Sie diese düstere Bestandsaufnahme unterschreiben?

Wünschmann: Es ist alarmierend, wie sich in unserer Mediengesellschaft die Grenzen des Sagbaren verschieben können. Die enge Gedankenwelt der Echokammern verstärkt eine Art, über die Vergangenheit zu sprechen, die als Attacke auf unseren Erinnerungskonsens und unsere demokratisch-pluralistische Werteordnung zu verstehen ist.

Brenner: Der Antisemitismus war ja nicht verschwunden. Er war teilweise tabuisiert oder eben nicht salonfähig, wie Frau Knobloch sagt. Jetzt sehen wir den deutlichen Unterschied, dass er sogar bundestagsfähig geworden ist – mit einer Partei im Parlament, die damit auf Stimmenfang geht.

Zadoff: Bei dieser Art des Denkens geht es ganz gezielt darum, eine offene, diverse Kultur zu torpedieren und ein nationalistisches, revisionistisches Geschichtsbild zu schaffen. Das Anwachsen von Antisemitismus und Rassismus ist im Übrigen ein internationales Phänomen mit länderübergreifenden Koalitionen der Rechtsextremen.



chai Ciechanower zu sehen. „Survivors – Faces of Life after the Holocaust“ ist ein Gemeinschaftsprojekt der Stiftung Kunst und Kultur, Bonn, und der Holocaust-Gedenkstätte Yad Vashem in Jerusalem; Aufnahme aus dem Unesco-Welterbe Zollverein in Essen, Januar 2020. Foto: Rolf Vennenbernd/picture alliance/dpa

Björn Höcke, ein Chefideologe der AfD, fordert eine erinnerungspolitische Wende.

Brenner: Ich denke, das ist die Wiederkehr des alten Schlussstrich-Denkens in neuem Gewand – die Abkehr von einer deutschen Erinnerungspolitik, die bewusst gesagt hat: Diesem dunklen Kapitel der deutschen Geschichte können wir nicht ausweichen, es ist zentral auch für die Entstehung und das Wesen der Bundesrepublik.

Es ist nahezu 100 Jahre her, dass die Nationalsozialisten auf den Plan getreten sind. Weht ein Hauch von Weimar, wie oft behauptet, auch heute wieder?

Zadoff: Wir brauchen keine vorschnellen Vergleiche. Aber die Frage nach den Mechanismen etwa, durch die die Nationalsozialisten in den 1920er-Jahren salonfähig gemacht wurden, drängt sich auf. Was passiert, wenn eine Gesellschaft in die Krise rutscht, wenn der soziale Zusammenhalt zerbricht: Da können wir aus den Zwanzigern, so anders diese Zeit auch war, einiges lernen.

Wünschmann: Geschichte wiederholt sich nie genau gleich. Trotzdem lassen sich Vergleiche mit Weimar anstellen. Weimar ist immer schon die Kontrastfolie zur Bundesrepublik gewesen: Das Grundgesetz ist sozusagen eine Anti-Weimar-Verfassung; das politische System hat sich etabliert in bewusster Reaktion auf die Schwächen des politischen Systems der Weimarer Republik, als strikt repräsentative Demokratie mit deutlich ausgewogeneren Machtbalancen.

Generationenfragen oder das Ende der Zeitzeugenschaft

Bald wird es keine Überlebenden der NS-Todesmaschinerie mehr geben, die uns direkt Auskunft geben können. Was bedeutet

dieser Verlust für die Erinnerung und die Auseinandersetzung mit dem Holocaust?

Wünschmann: Ich glaube, wir befinden uns in einer Übergangsphase. Noch sind Zeitzeuginnen und Zeitzeugen aus der großen Gruppe derer, die den Holocaust als Kinder und Jugendliche überlebt haben, unter uns.

Brenner: Die Frage nach dem Verlust möchte ich ganz persönlich beantworten. Meine Mutter ist im vergangenen Jahr im Alter von 95 Jahren gestorben. Bis vor Kurzem hat sie noch vor allem in Schulen über ihre Erfahrungen berichtet. Normalerweise ist sie immer zum Holocaust-Gedenktag am 27. Januar angefragt worden und auch für den 13. Februar, den Tag des Luftangriffs auf Dresden 1945. Sie müssen wissen, meine Mutter hat in Dresden überlebt und paradoxerweise hat ihr die Bombennacht das Leben gerettet, weil sie untertauchen konnte. Für den 16. des Monats hatte sie einen Deportationsbefehl. Und ich dachte mir jetzt, als diese Tage wiederkamen, wie anders es diesmal war, schon allein, weil einige der

Anfragen diesmal an mich gingen. Aber ich kann nicht die gleiche Erinnerung transportieren. Ich habe all das nicht erlebt. Ich kann nur das wiederholen, was ich so oft von ihr gehört habe. Wichtig bei Zeitzeugen-Gesprächen sind aber diese kleinen Momente der Begegnung, nicht die große Geschichte, nicht die große Erzählung. Wenn ich meine Mutter manchmal beobachtet habe, wie sie vor Schulklassen vorgetragen hat, dann waren das bestimmte Handbewegungen, ein Lächeln, eine Anekdote oder auch mal ein Witz mittendrin, was ein befreiendes Element für die jungen Leute in der Schule sein konnte. Oder auch mal einen Augenblick der Trauer zuzulassen. Diese spontanen Momente können wir nicht wiedergeben, nicht als Angehörige der zweiten Generation und nicht als Historiker. Die finden wir auch nicht in den Quellen. Das ist tatsächlich verloren.

Haben die Erfahrungen Ihrer beiden Eltern, Ihr Vater war ja ebenfalls Holocaust-Überlebender, Sie auch als Forscher beeinflusst, waren sie vielleicht sogar etwas wie ein Auftrag, sich dem Thema zu widmen?

Brenner: Ich bin ja mit diesen Erzählungen aufgewachsen. Das war sicherlich mit ausschlaggebend für mich, Geschichte zu studieren. Für Kinder von Überlebenden allerdings war das keineswegs typisch. Unter den gleichaltrigen jüdischen Jugendlichen, die ich kannte, war ich der Einzige.

Zadoff: Viele berichten, dass ein Zeitzeugen-Gespräch der Moment war, in dem sie etwas verstanden haben. Und ich glaube, es wird uns gerade noch einmal bewusst, wie viel die Stabilität der deutschen Demokratie auch mit der Rolle der Zeitzeuginnen und Zeitzeugen zu tun hat und wie viel diese das gekostet haben mag. Ernst Grube, ein Münchner Überlebender, mit dem wir eng zusammenarbeiten, sagt manchmal, er weiß nicht, wie lange er das noch machen kann. Jedes Gespräch über seine Geschichte, über den Verlust seiner Familie falle ihm schwer und bedeute eine Re-Traumatisierung. Und

jetzt erleben wir viel schneller, als wir es für möglich gehalten haben, dass die Zeitzeugen nicht mehr sichtbar sind. In der Pandemie gehören sie zur Hochrisikogruppe; an die 9.000 weltweit sind bereits an Covid-19 verstorben. Unsere Suche nach neuen Technologien, die das Berichten der Zeitzeugen konservieren sollen, zeigt im Grunde, wie hilflos wir sind.

Die Geschichte der Erinnerungskultur

Die Erinnerungskultur, wie wir sie heute kennen, ist in den 1970er-Jahren als eine Art Graswurzelbewegung entstanden, mit lokalen Geschichtsvereinen, die Täter- und Opferorte in ihrer Umgebung erforschten.

Zadoff: Ja. Abgesehen davon gab es einzelne Figuren, vor allem jüdische Historiker, selbst Überlebende, die auch für Deutschland eine große Rolle spielten, Raul Hilberg etwa, dessen Schriften allerdings erst nach langem Hin und Her 1982 auch auf Deutsch erschienen. Oder Saul Friedländer, der sich in den 1980ern eine Kontroverse mit Martin Broszat vom Institut für Zeitgeschichte in München lieferte über den Wert der Zeitzeugenschaft. Für Broszat waren solche Erinnerungen geschichtsvergrößernde Mythen, zu emotional. Friedländer dagegen forderte Multiperspektivität ein, etwas, das heute selbstverständlich ist.

Brenner: Letztlich waren beide Zeitzeugen. Aber warum soll Friedländers Sicht emotionaler oder weniger relevant sein, weil er als Kind versteckt der Vernichtung entgangen ist, und die Perspektive eines deutschen Historikers, der in NSDAP und Wehrmacht war, demgegenüber weniger subjektiv gefärbt? Wir alle haben unsere Vergangenheit, auch als Historikerinnen und Historiker können wir das nicht abschütteln.

Entstanden seit den späten Siebzigern – ist die Erinnerungskultur ein Generationenprojekt der heute 55- bis 75-Jährigen?

Zadoff: Es gibt viele aus dieser Altersgruppe, die einiges bewegt haben, weil sie widerständig waren, weil sie lästig waren, die dafür kämpften, dass Gedenkstätten eröffnet, Dokumentationszentren gebaut wurden.

Brenner: Der große Einschnitt war tatsächlich die Ausstrahlung der US-amerikanischen TV-Serie *Holocaust* in Deutschland Anfang 1979. Ich habe das damals als Gymnasiast erlebt: Es war wirklich so, dass alle Welt plötzlich angefangen hat, über das Thema zu reden und Eltern und Großeltern zu fragen: Was habt ihr gemacht? Das war wie eine Welle, die durch die Bevölkerung ging. Auch ich bin über die Auseinandersetzung mit der lokalen Geschichte zu meinem Thema gekommen. Ein Lehrer sprach mich an, bei einem Geschichtswettbewerb der Körber-Stiftung mitzumachen. Ich bin in Weiden in der Oberpfalz aufgewachsen und habe mich Anfang der 1980er-Jahre mit der Geschichte der jüdischen Gemeinde dort zu beschäftigen begonnen und dafür viele Emigrierte angeschrieben, in Israel, Neuseeland, Kanada oder der Dominikanischen Republik. Der Lehrer ist übrigens heute noch in Schulen aktiv, obwohl er längst pensioniert ist.

Das zeigt ja, wie wichtig es ist, dass es Menschen gibt, die die Erinnerung bewusst weitertragen. Wer könnte das in Zukunft sein?

Wünschmann: Wir alle drei sind beteiligt daran, diese Generation auszubilden, sie mit dem auszustatten, was wir gelernt haben. LMU-Lehramtsstudierende, die das Thema in Schulen vermitteln, oder Studierende, die womöglich später in der historisch-politischen Bildung arbeiten, in Gedenkstätten: Das sind dann die Menschen, die sozusagen in der ersten Reihe der Erinnerungsarbeit stehen. Wir müssen ihnen den Raum bieten, neue Formen auszuprobieren, zum Beispiel solche, die auf Personalisierung abheben, auf die Lebensgeschichten der Verfolgten, auf Empathie und Emotion. Damit sie dies



„Unliebsame Erinnerungsorte“: Das KZ Gusen-Mauthausen mit dem Jourhaus, zeitweilig eine Champignonzucht. Schon früh hat der Fotograf Heimrad Bäcker in unzähligen Fotos dokumentiert, was aus den Konzentrationslagern Mauthausen und Gusen in Österreich wurde. Das NS-Dokumentationszentrum München hat einen Teil seines Werkes ausgestellt. Fotos: mumok Museum moderner Kunst Stiftung Ludwig Wien, Schenkung von Michael Merighi

in den richtigen Kontext stellen können, brauchen sie eine profunde Wissensbasis zum Holocaust, zur NS-Zeit, zu jüdischem Leben und jüdischer Kultur in Europa.

Zadoff: Die Universität ist sicher ein wichtiger Multiplikator. Aber in unserer Zusammenarbeit mit Schulen – mit Berufsschulen, Mittelschulen oder Gymnasien – zeigt sich noch einmal eine ganz andere Welt. Darin spiegelt sich auch wider, dass etwa 40 Prozent der Münchner Bevölkerung nicht in Deutschland geboren sind. Wir machen immer wieder die Erfahrung, wie wichtig es ist, wer spricht und wer die Expertinnen und Experten sind – dazu zählen im Idealfall auch Gruppen mit Migrationshintergrund.

Wie kann das gehen?

Zadoff: Die Schlüsselfrage ist doch, wie wir junge Leute erreichen und für uns gewinnen. Dafür brauchen wir Erfahrungen mit digitalen Formaten, auch wenn das sicher nicht der Generalschlüssel ist. Wir erarbeiten gerade die App *Departure* Neuaußing über ein ehemaliges Zwangsarbeiterlager im Westen von München, bei der wir mit Entwicklern von Computerspielen zusammenarbeiten. Es gibt beispielsweise dieses sehr erfolgreiche deutsche Computerspiel *Through the darkest of times*, ein Strategiespiel darüber, wie man im Widerstand gegen die Diktatur überlebt. Anders als bei den vielen katastrophalen Spielen zum Zweiten Weltkrieg lernt man da viel über gesellschaftliche Zusammenhänge in der NS-Zeit.

Muss also unser Blick noch stärker gesellschaftsgeschichtlich ausgerichtet sein, darauf, wie die Tätergesellschaften funktionieren, wie eine Gesellschaft auf Mechanismen von Gewöhnung, Ausgrenzung und Kriminalisierung reagiert?

Zadoff: Wir hatten 2019 eine Ausstellung mit dem Titel *Die Stadt ohne. Juden Ausländer Muslime Flüchtlinge*. Da ging es um die Frage, ob bestimmte Mechanismen, die in unterschiedlichen historischen Situationen wirken, vergleichbar sind. Es gibt in

der Genozid-Forschung ein Modell, das fünf Stufen beschreibt, wie es zur Verfolgung von Gruppen kommt. Es führt über eine Polarisierung, die Identifizierung von Sündenböcken, und den Verlust von Empathie zu vereinzelter Gewalt und schließlich systematischer Verfolgung. Ich glaube, dass sich damit sehr vieles beschreiben lässt, was über die üblichen Schwarz-Weiß-Konstruktionen von Täter und Opfer hinausführt. Damit werden die Grauzonen der Entsolidarisierung, des Empathieverlustes sichtbar. In dem berühmten Fernsehinterview mit Günter Gaus von 1964 beschreibt Hannah Arendt das sinngemäß so: 1933 war nicht ein Schock, weil die Nazis die Nazis waren. Wir wussten, wer die Nazis sind und was sie machen. 1933 war ein Schock, weil unsere Freunde nicht mehr unsere Freunde waren.

Wünschmann: In der internationalen Holocaust-Forschung richtet sich der Blick zunehmend auf Gesellschaften als Ganzes, auch auf die große Gruppe der Zuschauer. Und dieser Forschungsansatz kann zu heftigen Kontroversen führen. In Polen standen vor Kurzem Barbara Engelking und Jan Grabowski letzten Endes deshalb vor Gericht, weil sie in ihrer großangelegten Gesellschaftsgeschichte *Danach ist nur Nacht* beschrieben haben, wie Ausgrenzung und Verfolgung im Mikrokosmos polnischer Gemeinden funktionierten. Wir müssen in der Forschung genau solche Dynamiken exakt untersuchen, die kleinen Schritte und Entscheidungen, die Anzeichen etwa Diskriminierung im gewohnten Umfeld.

Die Orte der Erinnerung

Pünktlich zur US-Wahl erschien Joe Bidens Memoir *Versprich es mir* auch in Deutschland. Darin erinnert sich der jetzige Präsident an einen Besuch mit seiner Enkelin in der KZ-Gedenkstätte Dachau und garniert

seine Darstellung mit dem Vorwurf, „grausame Einzelheiten seien über die Jahre abgemildert worden“. In den Häftlingsbaracken zum Beispiel hätten die Betten „sauber“ und die Gestelle „frisch lackiert“ ausgesehen. Welches Missverständnis von der Aufgabe solcher Erinnerungsorte wie Dachau offenbart sich in Bidens Vorwurf?

Brenner: Vielleicht spielt bei vielen Besuchern von Gedenkstätten eine gewisse Enttäuschung mit, dass es dort eben nicht so aussieht wie im Film. Die Gedenkstätten haben in den letzten gut 20 Jahren viel getan, um Besuchern zu vermitteln, wie es damals tatsächlich war. Und das heißt eben nicht, Baracken originalgetreu nachzubauen.

Zadoff: Momentan sind in unserem Haus Fotos von Heimrad Bäcker zu sehen, der schon früh obsessiv rund 15.000 Aufnahmen von den ehemaligen KZ Mauthausen und Gusen in Oberösterreich gemacht hat. Damals waren große Teile der Areale noch von Pflanzen überwuchert. Das reflektiert, wie unlieb einem diese Erinnerungsorte waren. Es sind auch Bilder darunter, die heute kaum noch einzuordnen sind. Etwa vom Hinweis auf eine Champignonzucht am Tor von Gusen, daneben spielen Kinder.

Welche Rolle können diese Stätten in Zukunft spielen? Immerhin gibt es rund 300 offizielle Gedenkorte in Deutschland.

Wünschmann: Ich habe viel zum ehemaligen KZ Osthofen in der Nähe von Worms gearbeitet. Das Lager dort war im März 1933 in einer leerstehenden Papierfabrik mitten im Ort errichtet worden, wie überhaupt die Nationalsozialisten schon früh ein dichtes Netz von Orten des Terrors in ganz Deutschland gespannt hatten. Heute befindet sich in Osthofen eine Gedenkstätte. Und tatsächlich kann man hier eine mitunter enttäuschte Erwartungshaltung der Besucher beobachten, die manchmal in der absurden Frage gipfelt, wo denn hier nun die Gaskammer gewesen sei. Doch wenn man dann davon erzählt, dass die Wachmänner und die Häftlinge sich teils persönlich kannten, weil sie

zusammen zur Schule gegangen oder Nachbarn gewesen waren, davon erzählt, wie schnell ein soziales Gefüge zerbrechen und sich in Täter und Verfolgte teilen kann, dann passiert etwas bei den Zuhörerinnen und Zuhörern. Das ist das Potenzial der dezentralen Gedenkstättenlandschaft: Sie ermöglicht es, sich mit der Lokal-, der Mikrogeschichte der nationalsozialistischen Gewalt auseinanderzusetzen. Damit lässt sich vieles ganz anders aufarbeiten als bei einer Exkursion nach Auschwitz-Birkenau.

Zadoff: Erinnerungsorte experimentieren im Moment mit vielen Zugängen, etwa mit Augmented Reality und Apps. In München soll das ehemalige Zwangsarbeiterlager der Reichsbahn in Neuauubing ein Erinnerungsort werden. Bislang werden die Baracken bis auf zwei von Künstlern und Handwerkern genutzt, ein Kindergarten und eine Kinder- und Jugendfarm sind dort untergebracht. Dieser verwunschene und vergessene Ort fernab des Zentrums ist ein Raum, in dem wir die Vergangenheit auf sensible Weise sichtbar machen wollen. Die Frage ist: Wie bindet man den entstehenden musealen Raum in den lokalen Kontext ein? Immerhin entsteht in unmittelbarer Nähe das größte Neubaugebiet Europas: Freiam, eine große Chance, Neumünchner für das Thema und den Ort zu interessieren.

Brenner: Insgesamt ist das Interesse an KZ-Gedenkstätten ungebrochen. Zumindest bis zum Beginn der Pandemie sind die Besucherzahlen in den vergangenen 10, 20 Jahren deutlich nach oben gegangen. Die Besucherzahl der KZ-Gedenkstätte Dachau ist die zweithöchste einer staatlichen bayerischen Einrichtung nach Neuschwanstein. Natürlich kommt ein Großteil der Besucher aus dem Ausland, und natürlich sind viele darunter, die jetzt nicht unbedingt hingehen, weil sie es sozusagen aus freien Stücken tun, sondern mit ihrer Schulklasse oder einer anderen Gruppe.

Zadoff: Der Philosoph Jean Améry, auch er ein Überlebender, hat in den 1960er-Jahren noch befürchtet, künftige Schülergenerati-



„Anschlussfähig an die Erfahrungswelt eines Teeagers von heute“: Ari Folman und David Polonsky haben *Das Tagebuch der Anne Frank* als Graphic Novel erzählt. Bilder zur englischen Ausgabe. Fotos: Anne Frank Fonds – Basel via Getty Images



onen würden nichts aus der NS-Geschichte lernen und „Goethe und Himmler“ zitieren. Heute schreibt die in Deutschland lebende amerikanische Philosophin Susan Neiman in ihrem Buch *Von den Deutschen lernen* mit Blick auf die USA davon, wie „Gesellschaften mit dem Bösen in ihrer Geschichte umgehen können“. Da hat dann tatsächlich auch einiges ganz gut funktioniert. Aber eines hat Deutschland tatsächlich verpasst: etwas von der Sichtbarkeit und Präsenz jüdischen Lebens, wie es sie vor 1933 gab, zurückzuholen und für selbstverständlich zu nehmen.

Brenner: Wir dürfen nicht den Fehler begehen, erst bei 1933 anzufangen, wenn wir uns mit der jüdischen Geschichte in Deutschland beschäftigen. 2021 ist ein Jubiläumsjahr, es steht im Zeichen von 1.700 Jahren jüdischen Lebens in Deutschland. Es ist also eine sehr lange Geschichte, die zeigt, dass

Juden keine Fremden sind hierzulande, sondern dazugehören seit der Zeit, in der es auch Christen gibt. Wir müssen zeigen, was zwischen 1933 und 1945 verloren gegangen ist, nicht nur, wie es zerstört wurde, nicht nur den Akt der Vernichtung.

Wie kann man von dem Grauen erzählen?

Wie darf man über den Holocaust erzählen? Das ist in Deutschland eine bis heute nicht abgeschlossene Debatte.

Wünschmann: Ja, es gab immer wieder heftige Diskussionen, ob und in welcher Form man das Geschehen fiktionalisieren oder

literarisch aufarbeiten darf. Das gilt für Werke sehr, sehr unterschiedlicher Qualität, für Romane wie Filme gleichermaßen. Wir haben die Frage im letzten Wintersemester mit Studierenden in einem Seminar untersucht – am Beispiel von Graphic Novels. Der Klassiker des Genres ist *MAUS* von Art Spiegelman. Als das Buch in den 1980er-Jahren erschien, löste es einen Skandal aus. Wie kann man es wagen, die Geschichte eines Überlebenden mit den Stilmitteln des Comics zu erzählen, so hieß es, und gleichzeitig dazu auch noch einen Generationskonflikt öffentlich auszubreiten, den der Autor mit seinem Vater, dem Überlebenden, ausficht? Wenn man diesen grafischen Roman mit dem Abstand von gut 30 Jahren liest, lässt sich kaum noch nachvollziehen, was daran so unbedingt provozierte. Da hat sich einiges verändert. Geschichtscomics sind mittlerweile etabliert.



Prof. Dr. Michael Brenner

ist seit 1997 Inhaber des Lehrstuhls für Jüdische Geschichte und Kultur an der LMU und hält den Seymour and Lillian Abensohn Chair in Israel Studies an der American University in Washington DC. Brenner, Jahrgang 1964, studierte Jüdische Studien und Geschichte an der Hochschule für Jüdische Studien und der Universität Heidelberg und wurde an der Columbia University, New York, promoviert. Er lehrte und forschte an der Indiana University in Bloomington und der Brandeis University in Waltham.



Dr. Kim Wünschmann

ist seit 2017 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Zeitgeschichte der LMU und wissenschaftliche Koordinatorin der Zusammenarbeit der LMU mit dem Zentrum für Holocaust-Studien am Institut für Zeitgeschichte (IfZ), München und Berlin. Kim Wünschmann studierte Judaistik, Politikwissenschaft und Psychologie an der Freien Universität Berlin. Promoviert wurde sie im Fach Geschichte am Birkbeck College der University of London, Großbritannien.



Dr. Mirjam Zadoff

ist seit Mai 2018 Direktorin des NS-Dokumentationszentrums in München. Zadoff (Foto: Orla Connolly), Jahrgang 1974, studierte Geschichte und Judaistik an der Universität Wien und wurde in Neuerer und Neuester Geschichte sowie Jüdischer Geschichte und Kultur an der LMU promoviert, wo sie sich auch habilitierte. Von 2014 bis 2019 war sie Professorin für Geschichte und Inhaberin des Alvin-H.-Rosenfeld-Lehrstuhls für Jüdische Studien an der Indiana University Bloomington, USA.

Bleiben wir doch bei Graphic Novels, um das zu skizzieren.

Zadoff: Ja, gerade in diesem Bereich gibt es gute Beispiele, die sehr differenziert Geschichte aufarbeiten, nicht nur die der Opfer, sondern auch von Tätern oder Zuschauern. Nora Krugs *Heimat* etwa ist eine spannende Auseinandersetzung mit der Rolle der eigenen Familie in der NS-Zeit. Und David Polonsky und Ari Folman schaffen es mit einer Kombination von Originaltext, fiktiven Dialogen und Bildern, *Das Tagebuch der Anne Frank* sozusagen anschlussfähig zu machen an die Erfahrungswelt eines Teenagers von heute.

Nicht allein über rein rationale Wissensvermittlung – wie lässt sich das Thema Holocaust den Menschen heute noch nahebringen?

Zadoff: Im vergangenen Jahr haben wir eine Kunstausstellung im NS-Dokumentationszentrum gezeigt und einige der Werke mit Bedacht in unserer Dauerausstellung platziert. Darunter waren Arbeiten von postmigrantischen Künstlerinnen und Künstlern, die sich dadurch in den deutschen Erinnerungsdiskurs einschreiben. Dabei waren sowohl Künstler aus Deutschland als auch aus dem Ausland. Letztere beschäftigen sich mit Traumata in anderen Kontexten und Themen wie zum Beispiel strukturellem Rassismus und Gewalt in den USA. Es ging uns dabei um die Frage, wer über Erinnerung spricht und wie wir es in Zukunft damit halten wollen. Wir brauchen den lebendigen, durchaus widerständigen Diskurs, wir dürfen Erinnerung nicht zu sehr ritualisieren. Und wir dürfen uns nicht ausruhen auf unserer Erinnerungskultur.

Wie waren die Reaktionen darauf?

Zadoff: Wir hatten ein deutlich stärker gemischtes Publikum im NS-Dokumentationszentrum als sonst. Wir haben auch internationale Wahrnehmung erfahren. Das Londoner Kunstmagazin *Frieze* hat die Ausstellung als eine der zehn wichtigsten in Europa

im Jahr 2020 bewertet. Durch die Schau ist ein produktiver Dialog zwischen Kunst und Wissenschaft entstanden. Das hat das Publikum auch so gesehen.

Klicks durch die Geschichte: Digitale Formen der Erinnerung

Vor zehn Jahren machte die Medienkünstlerin Michaela Melian mit ihrem Projekt *Memory Loops* Furore: Auf einem Stadtplan Münchens im Netz waren Dutzende Orte eingekreist. Mit einem Klick ließ sich jeweils eine Tonspur abrufen, mal eine Geschichte der Verfolgung, mal eine Täterbiografie, mal eine Akte. Waren das sozusagen die Anfänge der multimedialen Aufbereitung?

Zadoff: Man hat ja oft das Gefühl, dass gerade digitale Projekte sehr schnell altern. Aber die *Memory Loops*, die bislang nur digital sichtbar waren, werden in unserem Haus jetzt einen Platz bekommen. Sie sind für die Geschichte der Erinnerung in München wesentlich.

Wünschmann: Die *Memory Loops* haben tatsächlich so etwas wie eine digitale Topographie der Erinnerung für München geschaffen. Wir haben sie im vergangenen Semester in einer Lehrveranstaltung sozusagen als Case Study, als Fallbeispiel, genutzt. In einem Online-Seminar haben Studierenden der LMU und der Hebräischen Universität in Jerusalem gemeinsam an Projekten gearbeitet, in denen es um Public History ging, um die Präsentation von Geschichte im öffentlichen Raum. Dabei mussten sich die Studierenden jeweils auch in einer fremden Stadt und ihrer Erinnerungslandschaft orientieren, um eigene Public-History-Projekte zu entwickeln. Was und wie wird erinnert in München und Jerusalem? Welche Möglichkeiten bieten digitale Techniken?

Es gibt mittlerweile große Archive mit Aufnahmen von Zeitzeugeninterviews. Es gibt auch Digitalprojekte, die Zeitzeugen virtuell Auskunft geben lassen. Wie sind die Reaktionen darauf?

Wünschmann: In den USA vor allem wird mit Hologrammen von Zeitzeuginnen und Zeitzeugen experimentiert. An der LMU setzt ein Projekt 3-D-Projektionen von Zeitzeugen ein, die auf Fragen nach der Vergangenheit antworten können. Die realen Zeitzeugen haben zuvor Hunderte von möglichen Antworten ausgesprochen, ein Algorithmus sucht die jeweils passenden aus. Solche Formen sind noch im Versuchsstadium. Wir müssen das kritisch begleiten.

Zadoff: Die Reaktionen sind durchaus kontrovers. Sind solche technischen Lösungen dem Thema angemessen? Wie alles Technische und Digitale können die Projektionen zudem fehlerhaft sein und – so die Befürchtung der Kritiker – manipulierbar. Doch können solche Kontroversen auch sehr fruchtbar sein, das zeigt das prominente Beispiel *Schindlers Liste*. Als der Film 1993 in die Kinos kam, gab es viel Kritik – und eine breite Diskussion, wie sie der Dokumentarfilmer Claude Lanzmann anstieß, die Debatte darüber, ob das Grauen überhaupt darstellbar sei.

Seitdem sind wieder bald 30 Jahre vergangen. Wenn Sie es sich wünschen dürften, wie sprechen wir in zehn Jahren über den Holocaust?

Wünschmann: Ich hoffe, wir sprechen weiter kritisch und aufgeklärt über unsere Geschichte und der Holocaust nimmt darin einen zentralen Platz ein.

Brenner: Vielleicht sind wir in zehn Jahren so weit, dass wir keine Debatten mehr um einen Schlussstrich führen müssen, sondern den Holocaust ganz selbstverständlich als Teil der deutschen Geschichte akzeptieren.

Zadoff: Dem stimme ich zu, und ich wünsche mir, dass sich aus der Erinnerung eine Verantwortung für unser gegenwärtiges Handeln ableitet.

Büchertisch



„Permanent im Kampfgebiet“: Tito, der Partisan, 1942. Foto: ullstein bild



„Irgendwie anders“

Im Februar 1943 erscheint die Lage ausweglos für die Partisanen: 22.000 Kämpfer der Volksbefreiungsarmee, aus den jugoslawischen Völkern bunt zusammengewürfelt, ausgehungert, erschöpft und obendrein schlecht ausgerüstet, stehen an der Neretva einer Übermacht von Wehrmacht und serbischen Tschetniks, mit Hitler-Deutschland verbündeten Ultra-Nationalisten, gegenüber. Auch haben sie einen riesigen Tross von Verwundeten und Zivilisten dabei. Den sicheren Untergang vor Augen greift Feldmarschall Josip Broz, genannt Tito, zu einer wahnwitzig-genialen List: Er lässt fünf Brücken der Neretva sprengen und täuscht damit vor, nur noch einen Ausweg im Norden zu haben. Tatsächlich aber bauen Titos Pioniere in einer winterlichen Nacht-und-Nebel-Aktion einen wackligen Holzsteg, die Partisanen überrennen die Tschetniks, während die Deutschen am falschen Ort auf sie warten. Titos Ruhm gründet sich auf den Umstand, dass er quasi im Alleingang die Deutschen auf dem Balkan besiegt habe, war er doch „der einzige Ober-Kommandierende der Anti-Hitler-Koalition, der sich permanent im Kampfgebiet aufhielt“, wie die Südosteuropa-Historikerin Marie-Janine Calic in ihrer Tito-Biografie schreibt. Volksnah, charismatisch und „der beste schlechte Redner der Welt“ war Tito „im Unterschied zu Stalin kein Psychopath, der sein Umfeld durch Einschüchterung, Drohung und Psychoterror

unterwarf“, so Calic. „Vielmehr besaß er ein sicheres Gespür für Stimmungen und verfügte (...) über einen ‚unwiderstehlichen natürlichen Charme‘“.

Tito hatte den bolschewistischen Terror 1937 im berühmten Hotel Lux in Moskau überstanden. Später bot er Stalin als einer von wenigen kommunistischen Führern mit Erfolg die Stirn und gründete 1961 die Bewegung der „Blockfreien“. Er engagierte sich gegen den Kolonialismus und für Abrüstung und Völkerverständigung. Der „ewige Partisan“, wie Calic Tito nennt, entwickelte für 35 Jahre einen ganz eigenen, andersgearteten Sozialismus. Tito sei „ein typisches Geschöpf des Zeitalters der Extreme“ und doch „irgendwie anders“ gewesen: „Aus dem Diktator der Revolutionszeit wurde ein ‚weicher‘ Autokrat, der sich gegen Ende seines Lebens auf die Rolle des Mediators und Schiedsrichters zwischen den streitenden Republikführungen und Interessengruppen zurückzog.“ Wie die jüngere Geschichte gezeigt hat, hielt der erzwungene Frieden in dem idealistischen Kunstprodukt eines südslawischen sozialistischen Vielvölkerstaates ohne Tito an der Spitze gerade mal ein Jahrzehnt, bevor er in der Gewalt des Jugoslawienkriegs unterging. (mbu)

Marie-Janine Calic: Tito – Der ewige Partisan. Eine Biografie. Verlag C.H.Beck, München 2020, 442 Seiten, 29,95 Euro



Die Kraft zum Guten

Eine Biografie des Heiligen Geistes? Es ist ein gewagtes Unterfangen, die dritte Person des „dreieinigen Gottes“ zur zentralen Figur einer Geistesgeschichte des Christentums zu machen. Jörg Lauster, Professor für Systematische Theologie an der LMU, folgt den Spuren dieses Weltgeistes, der schon vor der biblischen Schöpfung über der Urflut schwebte, als „Geist über dem Wasser“. Er hat aber seine Spuren nicht nur in der Theologiegeschichte als „säuselnder Wind“ oder „brausender Sturm“ hinterlassen, sondern auch in der Welt jenseits der Kirchenmauern. Der Geist des Christentums wirkt in politischen Entwürfen, philosophischen Ideen oder Naturbetrachtungen. Der Heilige Geist wirkt mit den Prinzipien von Glaube, Liebe, Hoffnung als zentralen Geistesgaben, so Lauster, „geheimnisvoll auf das Gute in der Geschichte hin“. Er könne gerade in Zeiten der Kirchenkrisen als Hoffnungsträger der Erneuerung erscheinen. Er sei untrennbar mit den inneren Kräften des Christentums verbunden, gebe ihm sozusagen sein soziales Gesicht. Lauster stellt bei seiner Spurensuche Denker wie den Renaissanceplatoniker Marsilio Ficino und auch Meister Eckart in den Fokus, samt dessen Wirkungen etwa auf die Romanistik und bis in die Gegenwart. (hufl)

Jörg Lauster: Der Heilige Geist. Eine Biographie. Verlag C.H.Beck, München 2021, 431 Seiten, 29,95 Euro



Fast wie im normalen Leben: Jugendliche nach dem ersten Lockdown, Riemer Park, München, Mai 2020. Foto: Sven Simon/Picture Alliance

Die Zukunftsfrage

Nach Corona: Wie können wir unseren Kindern ihre Jugend zurückgeben?

Anne Frenzel, Professorin für Psychology in the Learning Sciences an der LMU: „Nicht nur wegen des Lernens, sondern auch wegen ihrer Leute gehen Jugendliche in die Schule. Wir denken immer, das Lernen sei der absolute Dreh- und Angelpunkt in der Schule; mit der Pandemiekrise bekommen wir vor Augen geführt, wie wichtig Schule als sozialer Raum ist. Jetzt, da es diesen Raum physisch nicht gibt, sehen wir, wie haltlos viele Jugendliche plötzlich sind. Nach der langen Lockdownphase wird man nicht einfach wie üblich mit dem Stoff weitermachen, sondern erst langsam wieder hochfahren können. Es geht darum, den Schülerinnen und Schülern Zeit zu geben, damit sie erst einmal das Beisammensein wieder richtig erleben können.“ Protokolle: math

Gerd Schulte-Körne, Direktor der Klinik und Poliklinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie, LMU Klinikum: „Bei Jugendlichen sehen wir durch das Social Distancing eine erhebliche Verzögerung von Entwicklungen. Sie haben weniger Möglichkeiten, sich in ihrer Selbstständigkeit zu erproben oder auch Partnerschaftserfahrungen zu sammeln. Sie fühlen sich wegen der Schule und ihrer Zukunft unter Druck. Auf all das reagieren sie mit Ängsten, Verstimmungen und Rückzug. Die meisten Jugendlichen werden genügend Ressourcen haben, später vieles nachzuholen und sich zu stabilisieren. Sorgen mache ich mir um die, die schon erkrankt oder psychisch belastet waren beziehungsweise in einer belasteten Familienumgebung leben.“

Sabine Walper, Forschungsdirektorin des Deutschen Jugendinstituts (DJI), München: „Einsamkeit ist ein großes Thema für viele Jugendliche in der Pandemie. Die Möglichkeiten, Freundinnen und Freunde zu treffen, sind weitgehend weggebrochen – ein erzwungener Verzicht, der wirklich einschneidend ist. Denn Jugendliche sind auf Gleichaltrige angewiesen: Mit ihren Freunden erproben sie egalitäre Konfliktlösungen, ihnen vertrauen sie sich an, sie sind wichtige Vorbilder dafür, einen jugendlichen Lebensstil zu entwickeln. Und es wird eine wichtige Frage sein, wie Jugendliche wieder herauskommen aus der Beschränkung auf Online-Kontakte und dann hoffentlich Dinge aufnehmen können, die während der Lockdowns ausgesetzt waren.“

Lesen Sie im nächsten Heft ein ausführliches Gespräch zur Lage der Jugendlichen.

Impressum

Herausgeber

Präsidium der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München

Konzept und Redaktion

Kommunikation & Presse LMU
Claudia Russo (verantwortlich)
Martin Thureau (Redaktionsleitung)
Hubert Filser (freier Redakteur/Online)
Christoph Olesinski (Design)

Autoren dieser Ausgabe

Maximilian Burkhart (mbu), Hubert Filser (huf),

Monika Gödde (göd), Nikolaus Nützel, Stefanie Reinberger, Alexander Stirn, Martin Thureau (math), Michael van den Heuvel

Auflage

6.000 Exemplare

Erscheinungsweise

halbjährlich

Druck

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

Distribution

Mathias Schiener

Redaktionsadresse

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

www.lmu.de/einsichten

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