

# leibniz



Die beste  
der möglichen  
Welten ...  
... erinnert.

Erdgeschichte

**Sedimente:  
Die Tagebücher  
des Planeten.**

Speicherort

**In der DNA?  
Wie wir in Zukunft  
Daten sichern.**

Mahnmal

**Idyll und  
Verbrechen. Der  
Obersalzberg.**

02/2023

## Gedächtnis



**Vor jeder Erinnerung stehen ein Moment und die Frage: Wie werden wir ihn im Gedächtnis behalten? Erdgeschichte verewigt sich in Sedimenten, Wissen und Geschichte werden mal mündlich, mal schriftlich überliefert, Viren und Bakterien merkt sich (meist) das Immunsystem, Bilder und Texte landen auf Festplatten, Servern, Papier. Andere Erinnerungen verblassen oder tun weh. Warum sollten wir uns trotzdem auch an dunkle Zeiten erinnern? Und wann kann Vergessen heilsam sein?**

Die Redaktion



48



60

02

28



10

38



<b>04</b>	Neues
<b>07</b>	Das Forschungsobjekt
	Schwerpunkt »Gedächtnis«
<b>10</b>	Erinnern zwischen Idyll und Verbrechen
<b>22</b>	Die Tagebücher der Erde
<b>28</b>	Speicher I: Digitale Arterhaltung
<b>36</b>	Speicher II: In der DNA
<b>38</b>	Verblässende Erinnerungen
<b>46</b>	Grafik: Wie funktioniert das Gedächtnis?
<b>48</b>	Der Zellsortierer
<b>54</b>	Gedächtnis vs. Wikipedia
<b>60</b>	Überlebende im Zeugenstand
<b>68</b>	Uncle Abudis Truhe
<b>74</b>	Epilog
<b>76</b>	Ausstellungen
<b>77</b>	Onlinemagazin
<b>78</b>	Bücher
<b>80</b>	Transfer I: Forschen im Exil
<b>86</b>	Transfer II: Ökonomie der Hoffnung
<b>94</b>	Menschen und Projekte
<b>96</b>	Auf einen Keks mit Leibniz
<b>98</b>	Forschungspolitik: Alles neu in Mainz
<b>104</b>	Meine Welt ...



MENSCHEN DIESER AUSGABE

**NINO BULLING**

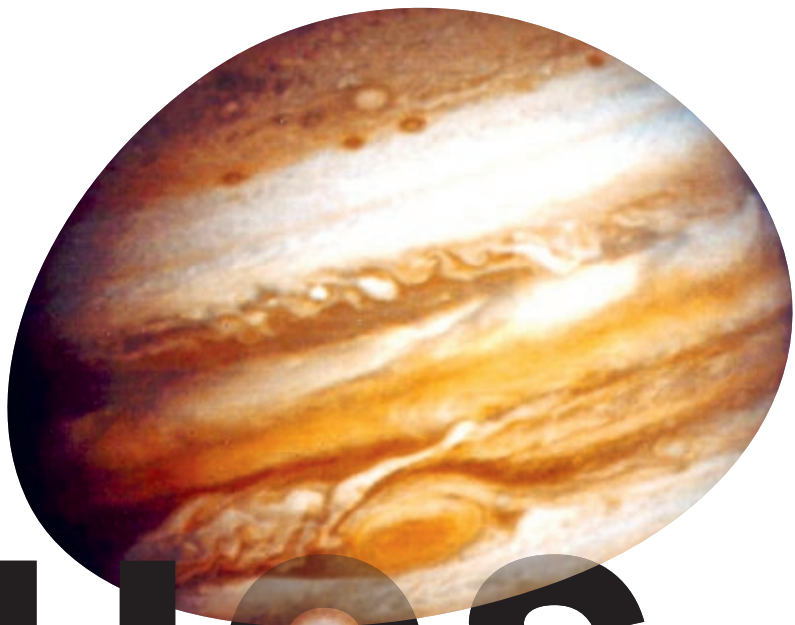
Der Künstler hat sich Überlebenden der Shoah gewidmet, die als Zeugen vor deutschen Gerichten ein weiteres Mal Unrecht erfuhren. Einen Aspekt fand Bulling als Zeichner besonders interessant: »Die vermeintliche Verschwommenheit von Erinnerungen, wegen der Aussagen in NS-Prozessen mal eben für ungültig erklärt wurden.«

**ANNE SCHÖNHARTING**

Als Fotografin begegne sie immer wieder Menschen, die das Glück haben, ihre Arbeit als Berufung zu empfinden, schrieb uns Anne Schönharting nach dem Besuch beim Immunologen Andreas Radbruch. »Diese Menschen befinden sich in einem Zustand des Flows – und ihre Freude und Erfüllung sind ansteckend!« Ganz genau so habe sie es am Deutschen Rheuma-Forschungszentrum erlebt.

**NICLAS SEYDACK**

Mit Orten der Erinnerung kennt unser Autor sich aus. Er hat Geschichte studiert und sie immer wieder besucht – KZ-Gedenkstätten, Mahnmale, Schauplätze der NS-Politik. Für »leibniz« reiste er zur Dokumentation Obersalzberg, die über Hitlers Feriendomizil und zweiten Regierungssitz aufklärt. »Etwas Unkonkretes wird dort ganz greifbar: Die Planung eines Völkermords in schönster Bergwelt – weit weg von den Tatorten.«



04

# news



VIELSCHICHTIGES ERBE

Es ist 1492 und Europa weiß noch nichts von Amerika, als Martin Behaim einen Globus für die Stadt Nürnberg anfertigt. Dieser ist heute nicht nur die älteste erhaltene Darstellung der Erde in Kugelform, der Behaim-Globus gilt als Pionierwerk der Kartografie und eines der wichtigsten Kulturzeugnisse der Geographiegeschichte. Die UNESCO hat die berühmte Kugel, die im Germanischen Nationalmuseum in Nürnberg zu bewundern ist, nun zum Weltokumentenerbe erklärt. Auch das Leibniz-Forschungsmuseum für Kulturgeschichte betonte die herausragende Bedeutung des Objekts, wies jedoch zugleich auf die Zwiespältigkeit seines Erbes hin: So erzähle der Behaim-Globus von der Entdeckerfreude der Europäer, auf der unsere moderne Welt basiere—aber auch vom Raub von Ressourcen und vom Sklavenhandel in der Kolonialzeit.

UNZUREICHENDE TESTS

Eine Hausstaubmilbenallergie kann bei Betroffenen einen leichten Schnupfen auslösen—aber auch allergisches Asthma. Bis zu fünf Millionen Deutsche reagieren allergisch auf die Eiweiße, die die kleinen Spinnentiere ausscheiden. Doch obwohl die Allergie weitverbreitet ist, schlagen Routinetests häufig nicht an. Der Hintergrund: Sie beinhalten nur einen Bruchteil der auslösenden Allergene. Forschende des Forschungszentrums

Borstel—Leibniz-Lungenzentrum und weiterer Forschungseinrichtungen fanden jetzt heraus, dass die Schwere der Symptome mit der Anzahl der Allergene zusammenhängt, auf die Betroffene sensibilisiert sind. Um eine frühzeitige und adäquate Behandlung zu ermöglichen und die Risikoabschätzung zu optimieren, müsse das Allergenspektrum der Routinediagnostik künftig dringend ausgeweitet und ein stärkerer Fokus auf die Sensibilisierungszahl gelegt werden.

Allergy, DOI\*: 10.1111/all.15553

STÖRENDES DADDELN

Chatten, scrollen, liken, teilen: Jugendliche nutzen soziale Medien wie TikTok heute permanent—zur Unterhaltung, Zerstreung und Ablenkung. Eine Auswertung der Daten des Nationalen Bildungspanels zeigte nun: Ihre digitalen Kompetenzen verbessern sie damit nicht. Ganz im Gegenteil konnten Forscherinnen und Forscher des Leibniz-Instituts für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik in einer Studie zeigen, dass eine zu intensive Nutzung von Social Media kontraproduktiv sein kann. Insbesondere wenn sie mal schnell nebenbei erfolgt—hier eine Chatnachricht neben den Hausaufgaben, da ein geteiltes Video neben den Voka-

beln. Um den souveränen Umgang mit digitalen Informationstechnologien zu stärken, müsse der Fokus anderswo liegen: auf zielgerichteten Onlinerecherchen und der fachkundigen Beurteilung und Weiterverarbeitung von Informationen.

NEPS Forschung kompakt,  
DOI: 10.5157/NEPS:FK01:1.0

WINZIGE SCHALTKREISE

Mit einem der letzten Starts der legendären Trägerrakete »Ariane 5« hat der »Jupiter Icy Moons Explorer« der Europäischen Raumfahrtagentur seine Reise zum Mars angetreten. Mit an Bord der kurz JUICE genannten Raumsonde: Technologie des Leibniz-Instituts für Photonische Technologien. Bei den am IPHT in Jena entwickelten Schaltkreisen handelt es sich um Kernkomponenten eines Messgeräts, das unter anderem Aufschluss über die Zusammensetzung der Stratosphäre des Jupiters liefern soll und zentral für die detaillierte Beobachtung des Planeten und seiner drei großen Monde Ganymed, Callisto und Europa ist. Mehr als eine Milliarde Kilometer von der Erde entfernt müssen die Schaltkreise nicht nur strahlungsfest sein—sondern auch winzig, leicht und extrem energieeffizient.

\*Der Digital Object Identifier (DOI) führt zur Originalveröffentlichung. DOI-Nummer eingeben auf: [www.doi.org](http://www.doi.org)

AUFSTREBENDE GESCHÄFTSFRAUEN

Afrikas Unternehmerinnen könnten den derzeitigen Vorsprung ihrer männlichen Konkurrenz nicht nur aufholen—sondern sie überflügeln. Zu diesem Ergebnis kommen die University of Ghana und das Kiel Institut für Weltwirtschaft, die für ihre Studie 800 ghanaische Unternehmen befragten. Von zentraler Bedeutung sei ein verbesserter Zugang zu Kapital: Bankkredite oder Eigenkapital stünden Frauen bislang nur eingeschränkt zur Verfügung; Liquidität würde stattdessen oft durch Familie und Freunde bereitgestellt. Eine alternative Finanzierungsquelle könnten Lieferantenkredite darstellen, bei denen die Zahlung für erhaltene Waren und Leistungen erst nach einem bestimmten Zeitraum erfolgt. Die Studienmacher fordern zudem: Politische Entscheidungsträger müssten Afrikas Geschäftsfrauen gezielter unterstützen.

Kiel Working Paper N° 2242:  
<https://t1p.de/4fd00>

ENTTÄUSCHTE AFFEN

Wie unfair! Menschen haben einen ausgeprägten Sinn für Gerechtigkeit und reagieren auf Ungerechtigkeiten häufig mit Protest und Enttäuschung. Lange hielt man dieses Empfinden für rein menschlich, aber inzwischen weiß man: Auch Affen haben einen Sinn für Ungleichbehandlung. Ein Team

des Leibniz Instituts für Primatenforschung konnte nun zeigen, dass Javaneraffen soziale Enttäuschung auch gegenüber Menschen empfinden können. In ihrem Experiment erhielten die Tiere unterschiedliche Belohnungen: Teilte ihnen eine Trainerin eine weniger schmackhafte Belohnung zu, lehnten sie diese häufiger ab als in Fällen, in denen ein Futterautomat dies übernahm. In das natürliche Maß an Nahrungskonkurrenz der Primaten, schlossen die Forschenden, mischten sich Enttäuschung und Frust über die Entscheidung des menschlichen Trainers.

Royal Society Open Science,  
 DOI: 10.1098/rsos.221225

RETTENDE BOHNE

Steak, Burger, Schinken: Eine fleischreiche Ernährung ist noch immer weitverbreitet und für eine große Menge klimaschädlicher Treibhausgase verantwortlich—es braucht deshalb pflanzliche Alternativen. Eine Hoffnungsträgerin ist die Ackerbohne. Sie hat ein hohes Ertragspotenzial, ist reich an Proteinen und wächst gut in gemäßigten Regionen. Lange fehlten jedoch genomische Ressourcen, um ihre Produktion weiter zu optimieren. Einem internationalen Team, zu dem auch das Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung zählt, gelang

es nun, das Genom der Hülsenfrucht vollständig zu sequenzieren. Züchtern und Genetikerinnen wird durch das Referenzgenom ein rascheres Einführen neuer Merkmale in die Kulturpflanze ermöglicht, eine nachhaltige und lokale Proteinproduktion könnte beschleunigt werden.

Nature, DOI: 10.1038/s41586-023-05791-5

GEJAGTE RIESEN

Die Neandertaler gingen auf Elefantenjagd. Das belegen eindeutige Schnittspuren an fossilen Knochenfunden und deren detaillierte Analyse durch das Leibniz-Zentrum für Archäologie, die Johannes Gutenberg-Universität Mainz und die niederländische Universität Leiden. Bis vor 100.000 Jahren war es durchaus gängig, in hiesigen Gefilden auf Waldelefanten zu treffen. Dass sie gezielt gejagt wurden, war jedoch unbekannt. Nur eine enge Zusammenarbeit kann es unseren frühen Vorfahren ermöglicht haben, die bis zu vier Meter großen und 13 Tonnen schweren Tiere zu erlegen. Doch der Aufwand lohnte sich: Ein Elefant lieferte 2.500 Portionen Nahrung. Das Forschungsteam folgert: Die Neandertaler lebten in viel größeren Einheiten zusammen als bislang angenommen—oder verfügten bereits über Mittel zur Konservierung und Lagerung von Nahrungsmitteln.

Science Advances,  
 DOI: 10.1126/sciadv.add8186





**Dieser dreibeinige Geselle steht auf einem Berg in Nordnorwegen auf der Insel Andøya. Es handelt sich um eines von zwei Teleskopen des ALOMAR Rayleigh/Mie/Raman-Lidars. Seit 1994 schickt der vier Meter hohe Apparat des Leibniz-Instituts für Atmosphärenphysik Lichtimpulse in den Himmel; Luft und Aerosole werfen sie zurück auf die Erde, wo die Spiegel der Teleskope sie einfangen. Wir erfahren so etwa mehr übers Wetter am Rande des Weltraums.**



**Gedächtnis**

|

»

**Die Gegenwart ist der  
Zukunft voll und  
mit der Vergangenheit  
erfüllt.**

«

**Gottfried Wilhelm Leibniz**

# Idyll und Verbrechen

Wie erinnert man in schönster Bergwelt an die Schrecken des Nationalsozialismus? Zu Besuch in der Dokumentation Obersalzberg.

Text NICLAS SEYDACK Fotos MYRZIK UND JARISCH





»  
All das kann  
uns diese  
Zündholzschachtel  
erzählen.

« SVEN KELLER

12



Manchmal erzählt man die großen, die schrecklichen Geschichten am besten anhand kleiner und für sich genommen recht harmloser Dinge. Wie dieser Zündholzschachtel. Bedruckt ist sie mit einem schwarzen, einem weißen und einem roten Streifen. Darauf steht: »Ein Volk, ein Reich, ein Führer«, der zentrale Propagandaslogan, mit dem die Nationalsozialisten in Österreich 1938 für den »Anschluss« an das Deutsche Reich warben. Angesichts des Bombasts, den die Nazis sonst für ihre Propaganda veranstalteten, erscheint so eine Schachtel für Zündhölzer, mit denen ein paar Hunderttausend Österreicher ihre Kerzen und Zigaretten anzünden sollten, nahezu winzig.

Dabei steckt hinter der kleinen Schachtel eine große Geschichte. Exponate wie sie zum Sprechen zu bringen — darin sieht Sven Keller seine Aufgabe.

Keller, freundliche Augen hinter einer Brille, dunkler Pullover, aus dem ein Kragen rausguckt, ist Leiter eines Lern- und Erinnerungsorts, der genau dort steht, wo Adolf Hitler ab 1923 sein Feriendomizil hatte und wo später der zweite Regierungssitz des NS-Staats liegen sollte: auf dem Obersalzberg in Berchtesgaden. Schon seit einigen Jahren arbeitet Keller an der neuen Dauerausstellung der Dokumentation Obersalzberg, die im Herbst 2023 eröffnet werden soll. Bei einem Besuch im Frühjahr dieses Jahres sagt der Historiker vom Institut für Zeitgeschichte München-Berlin: »Viel stärker als in der alten Ausstellung gehen wir von den Objekten aus. Und sie alle erzählen eine Geschichte.«

Die Zündholzschachteln etwa beklebt damals die Firma Solo des jüdischen Unternehmers Ernst Fürth. Er wird damit gezwungen, dafür zu werben, dass Österreich Teil eines Landes wird, das Menschen wie ihn entrechtet und verfolgt. Sie später millionenfach ermordet wird. Fürth flieht mit seiner Familie quer durch Europa; doch egal, wohin er sich wendet, die Verfolger holen ihn ein. Anfang 1943 stirbt er, nach zwischenzeitlicher Haft in einem Deportationslager, krank und entkräftet in Paris. »All das«, sagt Sven Keller, »kann uns diese einfache Zündholzschachtel erzählen.« Denn der sogenannte Anschluss, mit all seinen Folgen, wird von Hitler und dem österreichischen Bundeskanzler Kurt Schuschnigg genau hier beschlossen: auf dem Obersalzberg.

Doch wie erinnert man an die Schrecken, die von diesem Ort ausgegangen sind, bei dem die meisten Menschen an die Bilder von Hitler auf der sonnengefluteten Ter-

rasse vor Alpenpanorama denken? Kellers Antwort: Unter anderem mit der Zündholzschachtel, die eine Geschichte erzählt — und so die scheinbare Idylle aufbricht.

Bevor einem Sven Keller die neue Ausstellung zeigen kann, muss er erst den richtigen Lichtschalter finden. »Klappt's?«, ruft er, nachdem er um eine Ecke verschwunden ist, hinter der ein Bauarbeiter bohrt. Einige Monate vor der Eröffnung ist die Elektrik des Hauses noch leicht improvisiert. »Neel!«, ruft Leonie Zangerl zurück, Bildungsreferentin der Dokumentation, die ihn auf dem Rundgang begleiten wird. »Und jetzt?«, Keller knipst wieder. Ja, jetzt klappt's. Die rund 800 Quadratmeter Ausstellungsfläche leuchten.

Die Dauerausstellung besteht aus einem einzigen großen Raum. »Die Museumsforschung zeigt«, sagt Keller: »Besucher sind Anarchisten.« Sie halten sich eh nicht daran, welchen Idealweg durch die Ausstellung sich ein Kurator überlegt hat. Deshalb macht es Keller den Besucherinnen und Besuchern gleich so leicht es geht, deshalb der offene Raum.

In der deutschen Museumstradition, in Häusern, die sich mit dem Nationalsozialismus beschäftigen, verzichtete man lange und bewusst auf dreidimensionale Ausstellungsobjekte. Nichts, aber auch gar nichts, sollte den Eindruck erwecken, man habe ein Museum *für* Hitler gebaut, eines, in dem dem Nationalsozialismus gehuldigt werde, statt über ihn aufzuklären. Deshalb empfinden Besucher diese Museen oftmals als, nun ja, etwas dröge. Sie zeigen Dokumente, Briefe, Fotos. »Flachware«, wie Keller es in Kuratorensprache übersetzt. Die sei weiterhin wichtig, sagt er. Bloß habe sich in den vergangenen Jahren unter Ausstellungsmachern die Linie durchgesetzt, vermehrt Objekte zu zeigen.

Aber welche? Würde Keller Blondis Napf ausstellen, wenn er ihn angeboten bekäme? Oder den Badeanzug von Eva Braun? »Wir stellen keine Objekte nur um ihrer selbst Willen aus.« Hundezubehör oder Bademode, selbst vom Hund oder der Partnerin des »Führers«, böten nichts außer Schauwert — anders als die Zündholzschachtel. Rund 300 solcher sprechenden Exponate werden in der Ausstellung gezeigt, handverlesen aus einer mehr als 4.000 Objekte umfassenden Sammlung.

Zu Beginn der neuen Ausstellung werden den Besucherinnen und Besuchern Darstellungen des Obersalzbergs



»  
**Die vermeintlich heile  
Welt und die Tatorte  
gehören zusammen.**

« LEONIE ZANGERL







16



gezeigt: Selbst ein Adolf Hitler wirkt darauf menschlich, wenn er – von Eva Braun in Farbe fotografiert und gefilmt – mit einem niedlichen Hund auf der Terrasse mit Bergpanorama steht. Genau dieses Gefühl war das Ziel der Obersalzberg-Propaganda: der tier- und familienfreundliche »Führer«. Zum Teil verfängt es noch heute. Schwarz-weißbilder aus der Nazi-Zeit kennt jeder. Sofort sind im Kopf Verbindungen da, etwa zum Schulunterricht oder zu TV-Dokumentationen. Die Schrecken, die farblosen Fotos von Frontverläufen oder aus Konzentrationslagern. »Die Bilder in Farbe jedoch«, sagt Sven Keller, »wirken für unsere heutigen Sehgewohnheiten sehr nahbar.« Dagegen sollen Museumsbesucher gewappnet sein, »diese Bilder wollen wir dekonstruieren«, sagt Leonie Zangerl, Kellers Kollegin aus dem Bildungsreferat. Die Alpen, die Sonne, die Freude in den Gesichtern. Kurzum: die Idylle.

Bis heute, man kann es nicht anders sagen, ist es wunderschön hier oben. Auf gut 1.000 Höhenmetern mit Aussicht auf die Wälder und Berge der Berchtesgadener Alpen. Vielleicht passt das moderne, fast futuristische Gebäude der neuen Dokumentation gerade deshalb so gut hierher: als architektonisches Gegengewicht.

Drinne, in der Ausstellung, bilden die Schicksale der Opfer der Gräueltaten, die auf dem Obersalzberg beschlossen wurden, dieses Gegengewicht. Kurzum: die Verbrechen. Auch deshalb trägt die neue Ausstellung den Titel: Idyll und Verbrechen. »Die vermeintlich heile Welt und die Tatorte gehören zusammen«, sagt Leonie Zangerl.

Bloß, wie stellt man diese Tatorte dar? Und das, was an ihnen geschehen ist? Anders als in Auschwitz gab es am Obersalzberg keine Gaskammern, keine Verbrennungsöfen für Menschen. Eine Schwierigkeit für die Ausstellung sieht Zangerl darin nicht: »Es ist vielmehr eine Chance, andere Zugänge der Vermittlung zu finden als an konkreten Orten des Verbrechens.« Wenn Zangerl bald Schulklassen durch die Ausstellung führen wird, braucht sie »die Lupe«, wie sie es nennt: den Blick auf einen einzigen Komplex, eine Biografie, ein Objekt. Zum Beispiel ein Foto, das Hitlers Leibfotograf Heinrich Hoffmann geschickt retuschiert hat, um eine bestimmte Wirkung zu erzielen – 50 Jahre vor der Erfindung von Photoshop und 70 Jahre vor Instagram-Filtern. »Wir wollen ein Berührungspunkt mit der Geschichte sein, an den die Jugendlichen selbst weitere anschließen können, etwa den Besuch einer Gedenkstätte.«



## ANGRIFFE VON RECHTS

Die Täter beschädigen Gedenktafeln, beschmierern Denkmäler mit Hakenkreuzen und stehlen Stolpersteine. Sie zeigen den Hitlergruß, leugnen den Holocaust und verhöhnern die Opfer. Immer wieder ist es in den vergangenen Jahren ausgerechnet an jenen Orten zu rechtsextremen Übergriffen gekommen, die an die Verbrechen des Nationalsozialismus erinnern: KZ-Gedenkstätten, Museen und Stätten der Aufklärung. Gedenkstätten sind deshalb inzwischen gezwungen, ihr Personal vorzubereiten – auf Verharmlosungsversuche, Leugnungen, Einschüchterungen und Beschimpfungen. Mitarbeitende lernen, Symbole, Codes und Kleidermarken der rechtsextremen Szene zu erkennen und werden geschult, mit den Provokationen von Neonazis umzugehen. Auch ein konsequentes Anzeigen der Straftaten ist wichtig. Zentral dokumentiert werden sie bislang nicht.

Keller und Zangerl laufen an einer noch in Folie eingeschlagenen Karte mit den Grenzen des »Dritten Reichs« vorbei. Die Aufhängung der Karte, die Zwischenwände und die Ausstellungskästen: allesamt Handarbeit. Alles, was die ersten Besucherinnen und Besucher in einigen Monaten sehen werden, ist das Resultat ihrer Tausenden kleinen Entscheidungen – etwa der, welche Wandfarben für die Ausstellung angemessen sind. Das Team vom IfZ und die Ausstellungsgestalter eines Berliner Designbüros haben sich für verschiedene, neutrale Grautöne entschieden. Früher, erzählt Sven Keller, seien Ausstellungen immer düsterer geworden, je näher sie zu den schlimmsten NS-Verbrechen kamen, zum Kern der Ausstellungen. Aus Pietät, vielleicht auch aus Scham. »Es ging eher darum, den Schrecken durch die Düsternis emotional zu vermitteln. Dabei müssen wir gerade das ausleuchten.« Er meint das buchstäblich: Deshalb ist die Wandfarbe im Zentrum der Ausstellung am hellsten, die Lampen strahlen am kräftigsten. Durch Öffnungen in den Ausstellungswänden sehen die Besucherinnen und Besucher schon während des Rundgangs, dass es dort, im durch Zwischenwände abgetrennten Zentrum des Raums, um die Tatorte gehen wird, die die Entscheidungen auf dem Obersalzberg ermöglicht haben:

Die Tötungsanstalt Hartheim bei Linz.  
 Das Warschauer Ghetto und das Vernichtungslager Treblinka.  
 Das Konzentrations- und Vernichtungslager Auschwitz.  
 Die Massenerschießungen in Kaunas, Litauen.  
 Und die Blockade von Leningrad, mit der die Wehrmacht die Stadt von der Zufuhr mit Nahrungsmitteln abschneidet. Geplant wurde diese Blockade, wie große Teile des Russlandfeldzugs, vom Obersalzberg aus.

Bei den ersten Entwürfen der Ausstellung sei sie dreimal so groß gewesen, erzählt Keller. Das Konzept-Team musste aussieben: »Wir können und wollen auf unseren 800 Quadratmetern nicht den ganzen Nationalsozialismus erzählen«, sagt er. »Wir erzählen nur, was direkt mit dem Obersalzberg in Verbindung steht.« Der Feldzug nach Frankreich zum Beispiel fehle in der Ausstellung nahezu komplett. Den plante Hitler von Berlin aus.

## Sind es geschichtsinteressierte Wanderer, die da ein Selfie machen – oder gefestigte Neonazis?

»Deshalb brauchen wir auch die Vielfalt der Gedenkstätten in Deutschland«, sagt Keller. Sie alle erzählen an ihrem Ort, was sie dort am besten erzählen können. Eine Zentralisierung der Erinnerung an nur einem Gedenkort für die nationalsozialistischen Verbrechen hält Sven Keller für falsch. »Das sieht im schlimmsten Fall nach einem Schlusstrich aus.« Es sei wichtig, weiter und immer wieder daran zu erinnern, dass Verfolgung, Ausgrenzung und Verbrechen im Nationalsozialismus allgegenwärtig waren. Dass sie in der Mitte der Gesellschaft begannen, vor der eigenen Haustür. »Deshalb müssen vielfältige Täterorte und Orte der sogenannten Volksgemeinschaft in der Erinnerungslandschaft präsent bleiben.«

Das letzte Kapitel der Ausstellung thematisiert die Zeit nach dem Ende des Zweiten Weltkriegs: Der Berghof, Hitlers Privathaus, wird damals zunächst bombardiert, dann zünden Männer der SS ihn an, denn er soll dem Feind nicht als Trophäe in die Hände fallen. Am 4. Mai 1945 nehmen die französischen und amerikanischen Streitkräfte das Gelände ein, ohne auf Widerstand zu treffen.

Das Wenige, was vom Berghof bleibt, reißt der Freistaat später ab. Keller sagt heute: »Das war aus damaliger Sicht richtig. Die Intention war es, keinen Wallfahrtsort zu schaffen.« Stattdessen nutzt die US-Armee den Obersalzberg als Erholungsgebiet für ihre in Bayern stationierten Soldaten. 1999 eröffnet die alte Ausstellung, schon damals kuratiert vom Institut für Zeitgeschichte. Ausgelegt ist sie für ein paar Zehntausend Besucher im Jahr. 2019, kurz vor der Corona-Pandemie, kommen 170.000 Menschen. Die Ausstellung ist für das Interesse der Öffentlichkeit schlichtweg zu klein geworden, weshalb die Bayerische Staatsregierung beschließt, sie zu vergrößern. Und neu zu konzipieren. Jede historische Ausstellung, sagt Keller, habe





## 20

eine Halbwertszeit. Sie kann immer nur den aktuellen Forschungsstand abbilden. Nach etwa 15 Jahren gilt sie als veraltet.

Vom Berghof selbst ist heute tatsächlich so gut wie nichts übrig. Ein öffentlicher Wanderweg führt von der Dokumentation dorthin, keine fünf Minuten sind es zu Fuß. Angekommen sieht man bloß noch Reste einer Hangstützmauer und eine Infotafel, die daran erinnert, was hier einst stand. Man könnte fast meinen, die Geister der Vergangenheit — sie seien verjagt. Wären da nicht die Sticker rechtsextremer Gruppierungen, die an einem Wegweiser in der Nähe kleben.

Keller sagt, er könne natürlich nicht mit Sicherheit sagen, mit welcher Absicht manche, die hier vorbeikommen, ein Selfie auf dem Berghofgelände machen. Sind es geschichtsinteressierte Wanderer, die hinaufwollen in die Berge? Oder doch gefestigte Neonazis auf den Spuren des »Führers«? Es sei jedenfalls keineswegs so, dass hier regelmäßig Aufmärsche stattfänden, der Hitler-Tourismus gehöre der Vergangenheit an.

Keller findet es richtig, dass das Berghofgelände öffentlich zugänglich ist. Man nehme ihm so seinen Reiz. Ein Zaun, der das Areal abschirmt dagegen, würde einen

Mythos schaffen und die Versuchung, einzudringen oder den Ort als Wallfahrtsstätte zu missbrauchen, nur größer machen, sagt er.

Zum Ende des Rundgangs möchte Leonie Zangerl noch das größte Exponat zeigen: das kilometerlange Bunkersystem. Dort unten, wenige Meter unter der Erde, ist es erstaunlich gut belüftet, es riecht weder nass noch moderig. Vor 1945 sind hier Tapeten an den Wänden und Teppiche auf dem Boden, wahrscheinlich ist es damals sogar recht wohnlich. Der Bunker ist an Telegrafie und Funk angeschlossen. Es gibt ausreichend Vorräte. Hitler hätte mit einigen Vertrauten über Wochen ausharren können. Von hier aus hätte er Befehle geben können, die zuverlässig und schnell selbst das tiefste Russland erreicht hätten.

In einem der Durchgänge zeigt Zangerl auf ein paar schwer leserliche Zeichen an der Wand. Sie hilft: »3 Tubi«, stehe da, italienisch für »drei Rohre« — ein Zeugnis der italienischen Zwangsarbeiter, die die Schächte des Bunkers bauen mussten, und für die bis zur Eröffnung im Herbst ein eigener Raum eingerichtet wird. Zangerl leuchtet mit ihrer Handytaschenlampe hinein, doch viel steht noch nicht drin, nicht einmal eine provisorische Baustellenbeleuchtung. In anderen Teilen des Bunkers liegen noch alte Fässer herum, Stahlträger, Schutt. Tatsächlich kann einem hier unten auch schnell etwas mulmig zumute werden, jedenfalls ist man froh, als man mit Keller und Zangerl wieder ins Tageslicht tritt.

Dort sagt Leonie Zangerl noch, wer wie sie tagtäglich mit den Verbrechen der nationalsozialistischen Diktatur konfrontiert sei, müsse eine Distanz zu seiner Arbeit aufbauen. Ihr Kollege Sven Keller vergleicht es mit einem Arzt, der die Schicksale seiner Patienten auch nicht mit nach Hause nehmen dürfe, wenn er nicht daran zerbrechen wollte.

Man könnte sagen: Bei der Arbeit an Ausstellungen, die das größtvorstellbare Leid dokumentieren, braucht man auch einen gewissen Pragmatismus. Nicht nur bei dem, was sie zeigen wollen, sondern auch beim Wie. Zangerl sagt, wenn sie heute andere Museen besuche, wundere sie sich manchmal selbst, wie sehr sie auf gestalterische Details achte, etwa ob der Kontrast zwischen Schrift und Wandfarbe passt. Und sie schaut oft auf den Boden. Sie interessiert, wie gut die taktilen Leitsysteme in Richtung Schließfächer und Toiletten funktionieren.

GLE'S NEST  
BERSALZBERG  
of view



DEUTSCH

SCHWEDEN

Nederlands

Dänemark



FINNLAND

Norwegen

Tschechien



FRANKREICH

ITALIA

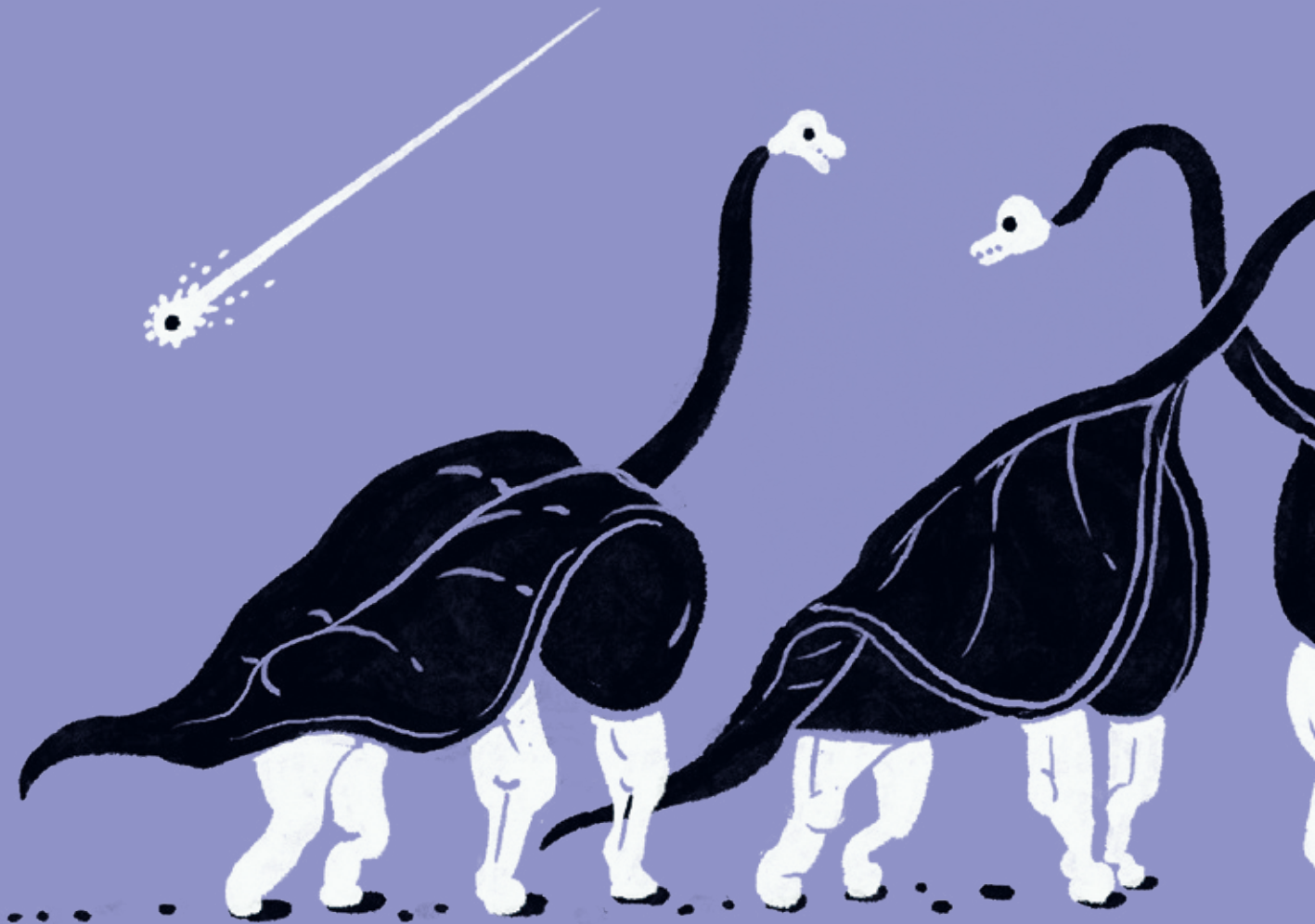
Russland



# Liebes Tagebuch, ...

Auch unser Planet führt Buch, notiert und schreibt nieder: Die Bücher der Erde (natürlich nicht intentional verfasst) sind die Sedimente. Die teils Abermillionen Jahre alten Gesteinsschichten und Ablagerungen erzählen packende Geschichten, geben Geheimnisse preis und liefern Einblicke in das Innenleben der Autorin. Man muss nur die Sprache verstehen, in der sie geschrieben sind. Wir haben Leibniz-Forschende gebeten, für uns zu übersetzen.

Text KONRAD KRUG Illustrationen ANDREAS TÖPFER





## Im Ur-Wald

Paradiesvögel, Jaguare, Mahagoni-Bäume und Abertausende Ameisenarten: Der tropische Regenwald strotzt nur so vor Leben. Wann dieses einzigartige Ökosystem entstanden ist, ist eine der großen Fragen der Paläontologie. Es gibt zwar Hinweise darauf, dass sich tropische Regenwälder bereits vor 100 Millionen Jahren gebildet haben könnten, aber einschlägige Fossilfunde, die diese These belegen, sind rar gesät. Abhilfe schaffen Sedimente, die ein Team der Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung und der Freien Universität Berlin auf fossile tropische Blätter hin untersucht hat. Die immerhin 80 Millionen Jahre alten Funde stammen – ganz untropisch – aus der Wüste Ägyptens und des Sudans und belegen, dass es bereits in der Kreidezeit, als noch die Dinosaurier die Welt beherrschten, tropische Regenwälder gab.



23

## Eine Zivilisation verschwindet

Sie hatten präzise Kalender, entwickelten eine Schrift und bauten riesige Pyramiden: Nein, die Rede ist nicht von den alten Ägyptern, sondern von den Maya, der präkolumbischen Hochkultur auf der mittelamerikanischen Halbinsel Yukatan. Doch als die ersten Europäer in Amerika landeten, waren von den einstigen Megacitys Tikal oder Calakmul nur noch Ruinen übrig. Was ist mit den Maya geschehen? Eine mögliche Erklärung für den Kollaps der Maya-Reiche sind klimatische Veränderungen. Belege für diese These sucht der Höhlenforscher Norbert Marwan vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung in den Tropfsteinhöhlen Belizes. Denn die Sedimente in Form von Stalagmiten geben Aufschluss über die klimatischen Verhältnisse zur Maya-Zeit. Sollten sich die Belege zum Untergang der Maya erhärten, ist das auch für uns relevant, zeigt es doch, dass ein Wandel des Klimas in der Lage sein kann, Gesellschaften und Gesellschaftsstrukturen dramatisch zu verändern.





## Wer andern eine Grube gräbt...

Seit fast 300 Jahren wird in der Lausitz gebaggert, was das Zeug hält. Denn hier, im sächsisch-brandenburgischen Grenzgebiet, befindet sich Deutschlands zweitgrößtes Braunkohlerevier. Der Tagebau ist allgegenwärtig, er bestimmt das Landschaftsbild, versorgt die Region mit Strom. Auch in der Spree, der Lebensader des südlichen Brandenburgs, hat die Förderung über die Zeit ihre Spuren hinterlassen; Nebenprodukte wie Eisen, Nickel, Kobalt und Schwefel lagern sich im Flussbett ab und geben so Auskunft über den Einfluss des Tagebaus auf das Wasser. Die Sedimentproben, die das Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei untersucht, berichten Alarmierendes: Noch 90 Kilometer flussabwärts weisen die Sedimente auf den Bergbau hin, mit Folgen für das Ökosystem Spree. Das abgelagerte Eisen etwa wirkt sich auf die Stoffkreisläufe des Flusses aus, es verändert die Verfügbarkeit des lebenswichtigen Phosphors und stört Umsatzprozesse des organischen Kohlenstoffs. Eine weitere Folge des Tagebaus ist die hohe Konzentration des abführend wirkenden Schwefelsalzes Sulfat im Wasser der Spree. Das spürt man auch in Berlin: Hier liegt die Sulfatkonzentration im Trinkwasser seit Jahren nur knapp unter der gesetzlich vorgeschriebenen Höchstgrenze.

## Der Griff nach den Sternen

Im Boden der chilenischen Atacama-Wüste, einer der trockensten Regionen der Erde, schlummern die zehn Millionen Jahre alten Sedimentproben, auf die es Leibniz-Forscherin Jenny Feige abgesehen hat. Ihr Inhalt: Sternenstaub. Denn die Astrophysikerin vom Museum für Naturkunde in Berlin ist Spezialistin für die Analyse kosmischer Spurenelemente. Feige untersucht den Wüstenstaub auf seltene Isotope, die bei Supernovae, gewaltigen Explosionen sterbender Riesensterne, durchs Weltall geschleudert werden — und auch bei uns auf der Erde landen. Und obwohl sich die meisten Supernovae viele Tausend Lichtjahre entfernt ereignen, haben sie immensen Einfluss auf unseren Planeten: Ohne Supernovae gäbe es keine schweren Metalle. Und ohne schwere Metalle gäbe es kein Leben.



25

## Das Wetter vor 500 Jahren

Bitterkalt ist es hier in der Arktis, hoch im Norden, im Reich der Robben und Eisbären. In dieser unwirtlichen Umgebung liegen, tief im Eis verborgen: Datenträger. Die Daten, die die Forscherinnen und Forscher vom Leibniz-Institut für Troposphärenforschung auswerten, sind allerdings nicht auf Festplatten oder DVDs gespeichert, sondern in Hunderte von Jahren alten Eisbohrkernen. Das Eis in den Bohrkernen liefert Aufschluss über die Konzentration sogenannter Eiskeime in der arktischen Bewölkung, was Rückschlüsse darauf erlaubt, wie sich die Wolkenformationen vor 500 Jahren zusammensetzten — in einer Zeit, in der an Wetteraufzeichnungen, wie wir sie heute kennen, nicht zu denken war. Mit den gesammelten Daten können die Forschenden ein umfassenderes Bild der einstigen klimatischen Verhältnisse auf der Nordhalbkugel erstellen. Und das ist natürlich auch für heutige Klimamodelle relevant.



## Stuhlgang und Seetang

Wo andere die Nase rümpfen, gehen sie den Dingen auf den Grund: Denn Fäkallipide, die sich aus menschlichen Fäkalien speisen und über die Flüsse ins Meer gelangen, sind für das Team von Jérôme Kaiser vom Leibniz-Institut für Ostseeforschung in Warnemünde Gold wert. Anhand der in Sedimenten der Ostsee nachgewiesenen Hinterlassenschaften rekonstruieren sie nämlich die Besiedlungsgeschichte der Herzkammer Nordeuropas. Ein Zwischenergebnis: Eine im Gotlandbecken in der Zentralostsee vorgenommene Bohrung deckt sich hinsichtlich der Messwerte von Fäkallipiden mit den tatsächlichen demografischen Daten der vergangenen 135 Jahre. Im weiteren Verlauf der Studie wollen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nun in unerschlossene Gefilde vorstoßen: Mit Hilfe der Fäkallipid-Konzentration in älteren Sedimentschichten wollen sie mehr über das Leben im Ostseeraum des Mittelalters erfahren – denn bislang ist nur sehr wenig darüber bekannt, wie sich die dortige Bevölkerung von 800 bis 1300 n. Chr. entwickelte.





## Versandende Senken

CO<sub>2</sub> einzusparen ist das Gebot der Stunde – wäre es da nicht schön, wenn es Anlagen gäbe, die das für uns übernehmen könnten? Die gibt es bereits; sie nennen sich Kohlenstoffsenken und sind sogar ganz natürlich: Wälder, Moore und die Ozeane binden seit jeher Treibhausgase aller Art. Seit neuestem rücken auch Lagunen als natürliche CO<sub>2</sub>-Speicher in den Fokus der Wissenschaft. An der Küste Javas untersuchen Forschende des Leibniz-Zentrums für Marine Tropenforschung 400 Jahre alte Bohrkerne auf Pollen- und Kohlenstoffgehalt und dokumentieren die Speichereigenschaften des Lagunensediments im Wandel der Zeit. Ihre Erkenntnis: Landwirtschaftliche Nutzung im Hinterland und die dadurch fortschreitende Versandung der Lagune wirken sich negativ auf das Ökosystem aus – und damit auch auf die Speicherkapazität der Kohlenstoffsenke.



#### COMPACT DISC

Auf Lasertechnologie basierend trat die CD 1989 als Informationsdatenträger auf den Plan. Schon vorher verdrängte die Audio-CD die Schallplatte—ihre Laufzeit orientiert sich übrigens an der Länge von Beethovens 9. Sinfonie.

# Digitale Arterhaltung

Was heute als Speichertechnologie der Zukunft angepriesen wird — kann morgen hoffnungslos veraltet sein. Eine kleine Reise durch die digitale Geschichte.

Fotos PHILOTHEUS NISCH Text HENRIK RAMPE



VHS-KASSETTE

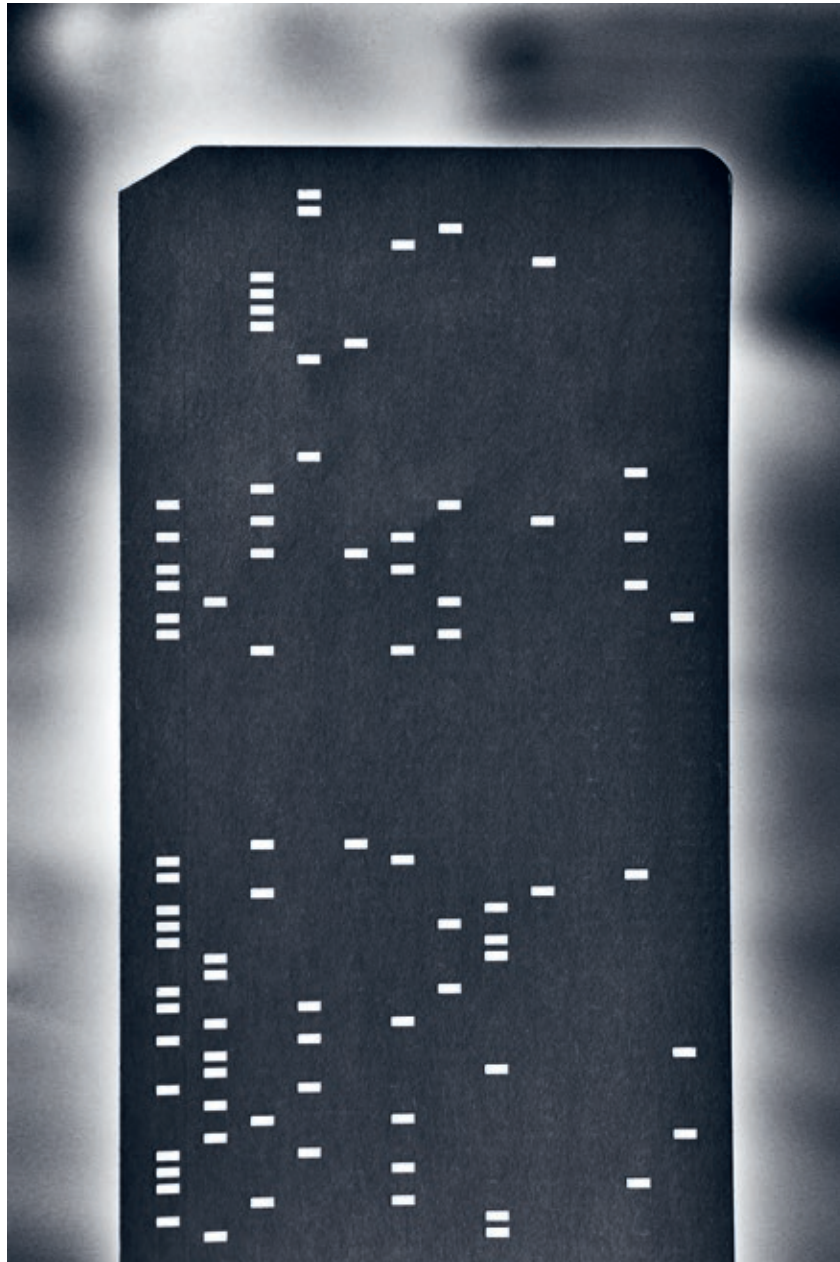
Ihrem Siegeszug ging Mitte der 1980er Jahre ein erbitterter Formatkrieg voraus. Das »Video Home System« des Herstellers JVC setzte sich gegen seine Mitbewerber »Betamax« und »Video 2000« durch.





#### USB-STICK

Der USB-Stick bietet viel Speicher auf wenig Raum: Auf heutige Sticks passen ungefähr 800-mal so viele Daten wie auf eine CD.



LOCHKARTE

Lochkarten sind die Dinosaurier unter den Speichermedien: Es gibt sie seit 1890—und damit viel länger als Computer.



DISKETTE

Lange war sie als Speichermedium nicht wegzudenken. Die ältesten Disketten konnten noch nicht beschrieben, sondern nur ausgelesen werden.



#### FESTPLATTE

Sie ist das Herzstück eines jeden Computers. Die erste Festplatte der Welt wog eine Tonne und konnte 3,75 MB speichern. Das ist in etwa so viel wie ein mittelgroßes digitalisiertes Bild benötigt.

## »Ich muss das Format befragen: Hallo Unbekannte, wer genau bist du?«

Die Probleme liegen manchmal in Kisten verstaut auf dem Dachboden. Der Südfrankreich-Urlaub, 1989, festgehalten auf VHS-Kassette. Meeresrauschen, Lavendelfelder, Campingplatz – Momente für die Ewigkeit. Oder? Damals konnte noch keiner ahnen, dass es ein Leben

nach Magnetbändern gibt. Und so droht auch der schönste Urlaub irgendwann zu verschwinden. Selbst bei optimaler Lagerung halten VHS-Kassetten nur etwa 35 Jahre. Dann treten Bildfehler auf, der Ton wird schlechter.

8-Zoll-Diskette, Blu-ray-Disk, SD-Karte und USB-Stick. Was heute als Speichermedium der Zukunft angepriesen wird, kann morgen schon veraltet sein. Gleiches gilt für Dateiformate von AAC bis MP3, von WebP bis JPG. Und da fängt die Arbeit von Thomas Bähr und seinem Team an. Bähr, 55, ist Leiter der Bestandserhaltung und digitalen Langzeitarchivierung der TIB – Leibniz-Informationszentrum Technik und Naturwissenschaften und Universitätsbibliothek. Zusammen mit 30 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern setzt er sich dafür ein, dass der Forschungsstand für künftige Generationen erhalten bleibt. Die meisten Wissenschaftler sind einfach nur froh, wenn sie ihr Forschungsprojekt abgeschlossen haben. »Doch wenn sich niemand um den bestehenden Wissensschatz kümmert, geht er irgendwann verloren«, sagt Thomas Bähr.

Egal ob Texte, Bilder, Videos, Audios oder 3D-Objekte – für mehr als 270 Dateiformate versucht das Team um Bähr, das passende Werkzeug zu finden, um die Daten auszulesen. Der erste Schritt der Langzeitarchivierung ist – egal ob Textformat oder komplexes 3D-Modell – zunächst die Identifikation: »Ich muss das Format befragen: Hallo Unbekannte, wer genau bist du?« Und die Fallstricke fangen schon bei Dissertationen an, die im PDF-Format abgespeichert werden: Das Portable Document Format gibt es seit 1993, plattformunabhängig, ein Klassiker. Doch PDF ist nicht gleich PDF, weil das Format laufend erweitert und verändert wurde.

Im zweiten Arbeitsschritt der Langzeitarchivierung validiert das Team das Format. Dabei wird es mit all seinen Eigenheiten detailliert beschrieben. Das ist wichtig, weil Daten absichtlich modifiziert sein können oder aber durch

Systemfehler unbemerkt verändert werden. Beim PDF-Format ist der Aufwand überschaubar, weil es bereits millionenfach genutzt und entsprechend gut beschrieben ist.

Im dritten und letzten Schritt werden die technischen Metadaten aus den Dateien

extrahiert. Das ist bei Textformaten wie dem PDF grundsätzlich nicht anders als bei komplexeren Formaten. »Wir erstellen eine Art Gebrauchsanweisung«, sagt Bähr. Sie soll der Menschheit möglichst für alle Zeit mit auf den Weg geben, wie diese Wissenspakete zu verstehen und zu lesen sind.

Von den Archivierungsdiensten profitiert nicht nur die TIB selbst. Zu Bährs Kundenkreis zählen auch zahlreiche Forschungsinstitute oder andere Bibliotheken. Während Letztere durch ihre tägliche Arbeit mit alten Wissensbeständen ein hohes Bewusstsein für das Thema mitbringen würden, vermisst Bähr diese Sensibilität bei Universitäten noch häufig. Ob aus Unwissenheit oder finanziellen Zwängen, viele Lehrstühle ließen die eigene Arbeit unbedacht verstauben.

Wissen liegt aber nicht nur in Cloudsystemen und auf Servern bereit. In der Langzeitarchivierung der TIB landen auch analoge Objekte, weshalb das Team neben studierten Informationstechnologen auch aus Bibliothekaren, Buchbinderinnen und einer Restauratorin besteht. Um Bücher zu bewahren, werden sie digitalisiert. »Das hat wenig mit dem Scanner aus dem Großraumbüro gemein«, sagt Bähr. Seine Hochleistungs-Scanner sind für den Umgang mit speziellen Tinten und Farben, gewellten Oberflächen und Goldauflagen entwickelt und kosten zwischen 20.000 und 40.000 Euro.

Und manchmal kommen auch Menschen mit Disketten zu den Archivaren, wenn auch nicht mit Urlaubsfotos. Bähr erinnert sich an einen Fall, der bei Kollegen einer anderen Bibliothek aufschlug. Ein Nobelpreisträger war verstorben. Zurück blieb eine Kiste mit Disketten, der Nachlass eines großen Naturwissenschaftlers. Es dauerte, ehe die alten Dateiformate geöffnet waren, erzählt Bähr. Was die Experten dann erblickten war kein Wissensschatz, sondern private Korrespondenz. Ein belangloser Teeküchenplausch, für die Nachwelt erhalten.



## WIE KÖNNEN WIR DIE DATENFLUTEN VON MORGEN SICHERN? EIN BLICK IN DIE ZUKUNFT.

Mit der Speicherung von Daten ist es so eine Sache. Vor allem, wenn man Informationen länger aufbewahren will. USB-Sticks gehen schnell kaputt, weshalb man auf ihnen wertvolle Dinge wie zum Beispiel Familienbilder tunlichst nicht archivieren sollte. Auch größere Festplatten halten nicht ewig. Außerdem sind die Daten komplett verloren, wenn man versehentlich mit einem magnetischen Gegenstand in die Nähe kommt. CDs wiederum beginnen nach wenigen Jahrzehnten, sich aufzulösen. Bücher halten da schon länger. Doch die riesigen Datenmengen, die heute von Maschinen, Computern oder Medizingeräten wie CTs generiert werden, einfach auf Papier drucken? Unmöglich!

Wie also soll man Informationen künftig für die Nachwelt aufheben? Forschungsdaten, Musik, Gemälde und Kunstwerke oder Fotos und Videos? Wie lässt sich ein Gedächtnis der Menschheit erschaffen, das Jahrhunderte und sogar Jahrtausende überdauert?

Die Lösung für dieses Problem liegt möglicherweise in einer Substanz, die wir zwar alle in uns tragen, die aber erst in jüngerer Zeit als potenzielles Speichermedium des digitalen Zeitalters erkannt wurde: unserer Erbsubstanz DNA. In der DNA sind im Kern unserer Zellen auf kleinstem Raum große Mengen an Informationen gespeichert – der Bauplan des Menschen, mitsamt seiner vielen Tausend verschiedenen Eiweiße. Die DNA ist außerdem ungeheuer lange haltbar, wie ein internationales Forschungsteam vor drei Jahren zeigen konnte: Den Wissenschaftlern gelang es, aus Mammutkadavern uralte DNA zu gewinnen, die mehr als eine Million Jahre im tiefgefrorenen Boden der Arktis überdauert hatte.

Aus diesen Gründen arbeiten Wissenschaftler aus aller Welt seit einigen Jahren daran, aus der Idee von der DNA als molekularer Festplatte eine alltagstaugliche Speichertechnologie zu entwickeln. Einer von ihnen ist Mark Somoza. Zusammen mit Kollegen hat der Chemiker vom Leibniz-Institut für Lebensmittel-Systembiologie an der Technischen Universität München einen Weg gefunden, digitale Informationen aus dem Computer auf DNA zu übertragen – unter anderem haben sie ihr Verfahren mit Notenblättern von Mozarts »Jagdquartett« erprobt. Somozas Beitrag: Er hat diesen Speichervorgang wesentlich beschleunigt. »Für mich ist die DNA als Speichermedium so verheißungsvoll, weil wir Menschen damit sehr wahrscheinlich auch in ferner Zukunft noch etwas anfangen können.« Bei einer Diskette aus den 1980er Jahren ist das anders: Die meisten Computer können sie schon heute nicht mehr lesen.

Mark Somoza und seine Kollegen bauen auf einer Technologie auf, die schon seit 30 Jahren etabliert ist – dem DNA-Chip. Bei DNA-Chips befestigt man durch chemische Prozesse kleine DNA-Abschnitte auf einer Oberfläche, von der sie wie Schwänzchen in die Luft ragen. Sie kommen unter anderem in der Medizin zum Einsatz, um das Erbgut von Patienten zu untersuchen – viele Krankheiten haben schließlich genetische Ursachen. Dazu werden die Chips mit DNA oder RNA aus Zellen benetzt, die sich dann an die Gegenstücke, die DNA-Sequenzen auf der Oberfläche, anlagern. Biotechnologen können daraus auf genetische Veränderungen und die Ursachen von Krankheiten schließen. Auch Mark Somoza lässt auf einer Chipoberfläche kleine DNA-Schwänze wachsen – allerdings nicht für medizinische Analysen, sondern um Stück für Stück Daten abzuspeichern.

Aber woraus besteht Somozas Speichermedium der Zukunft eigentlich? Ein DNA-Strang setzt sich aus vielen Hundert Molekülbausteinen zusammen, von denen es vier verschiedene gibt, die sogenannten Nukleotide Adenin, Cytosin, Guanin und Thymin. Die vier Nukleotide sind die Buchstaben, mit denen die Sprache des Lebens geschrieben ist: Aus der Abfolge der Nukleotide ergibt sich der genetische Code, eine Blaupause nach der unser Körper Eiweiße, die Grundbausteine des Lebens, herstellt. Mark Somoza hat die vier Nukleotide zweckentfremdet: Sie enthalten bei ihm nicht mehr den Bauplan von Proteinen. Stattdessen repräsentiert jedes Nukleotid einen Teil des binären Codes, mit dem Infor-

matiker Informationen in die Zahlen 0 und 1 übersetzen. Die Buchstaben des Alphabets zum Beispiel werden in der Computerwelt jeweils durch acht Zahlen, acht Bits, dargestellt. Das »a« zum Beispiel durch die Bit-Folge 01100001, das »z« durch die Folge 01111010. Bei Mark Somoza steht ein Nukleotid für zwei Bits. Das Adenin etwa kann die Folge 00, das Cytosin 01, das Guanin die 10 und das Thymin die 11 repräsentieren. Hängt man die entsprechenden Nukleotide aneinander, wächst nach und nach eine binäre Zahlenfolge in die Länge. In Nukleotide übersetzt, wird das »a« durch die Abfolge von Cytosin (01), Guanin (10), Adenin (00) und Cytosin (01) repräsentiert. Tatsächlich ist die Datenspeicherung beziehungsweise Kodierung aber noch ein wenig komplizierter, sagt Mark Somoza. Vor allem müsse man gewährleisten, dass später beim Auslesen und Abrufen der Daten keine Fehler auftreten.

Die Menge an DNA-Strängen, die heute auf einem DNA-Chip von wenigen Millimetern Breite Platz finden, ist beachtlich. Auf den Chips etwa, die Mark Somoza nutzt, sind es zwei Millionen Stränge. Jeder Strang ist 60 Nukleotide lang. Das ergibt eine enorme Speichermenge. Wer es nachrechnen will: Zwei Millionen Stränge à 60 Nukleotide, wobei jedes Nukleotid für zwei Bits steht – das macht insgesamt 240 Millionen Bits beziehungsweise 30 Megabyte, was einem Worddokument mit etwa 15.000 Seiten entspricht. »Dabei kann man die DNA auf den Chips mit dem bloßen Auge noch nicht einmal sehen. Die Datendichte ist enorm, das Volumen winzig«, sagt Mark Somoza. Und das mache für ihn das große Potenzial aus: gigantische Datenmengen auf sehr kleinem Raum speichern. Man könnte mit der DNA zum Beispiel auch Produkte und Lebensmittel kennzeichnen, um Lieferketten nachvollziehbar zu machen. Da die Technologie noch vergleichsweise teuer ist, dürfte sie aber zunächst für Spezialanwendungen zum Einsatz kommen – etwa um große Mengen an Forschungsdaten zu speichern.

Mark Somoza ist es gelungen, den Speichervorgang stark zu beschleunigen, wodurch die Technologie in den kommenden Jahren erschwinglicher werden könnte. Dafür hat er einen neuen chemischen Prozess entwickelt: So setzt er die Nukleotide jetzt mithilfe von Licht zu DNA-Strängen zusammen. DNA-Chips werden routinemäßig in winzigen Kammern hergestellt, in die nacheinander Flüssigkeiten eingespritzt werden, die die verschiedenen Nukleotide

und Chemikalien enthalten. Die Stränge wachsen in vielen Durchgängen in die Länge, indem Nukleotid an Nukleotid andockt. Damit ein neues Nukleotid andocken kann, müssen die freien Enden der wachsenden Stränge aber bei jedem Schritt chemisch aktiviert werden – und zwar stets nur an den Strängen, an die im nächsten Durchgang tatsächlich auch das nächste Nukleotid ankoppeln soll, etwa ein Adenin. Doch diese chemische Aktivierung ist aufwendig.

Mark Somoza beleuchtet die DNA-Stränge mit Laserlicht, um sie zu aktivieren. Er nutzt ein mikromechanisches Gerät, auf dem zwei Millionen Mini-Spiegel sitzen, die alle Positionen auf dem Chip ausleuchten können. Der Trick besteht darin, dass ein Computer bei jedem Schritt nur die Stränge aktiviert, an die das nächste Nukleotid andocken soll. Dank der vielen Spiegel lassen sich Hunderttausende von Strängen zugleich aktivieren – in wenigen Sekunden. Damit kann Mark Somoza einen DNA-Chip jetzt in ein bis zwei Stunden aufbauen, und das zu einem Zehntel des bisherigen Preises; rund 100 Euro sind es derzeit pro Chip. »Wir hoffen, dass wir die Kosten in den nächsten Jahren durch Optimierungen in der Chemie und Photochemie nochmals um den Faktor 100 senken können«, sagt Mark Somoza.

Um die Daten später auszulesen, wird die DNA in handelsübliche Sequenzierautomaten eingespeist, die die Abfolge der Nukleotide analysieren. Das ist Stand der Technik. »Die eigentliche Baustelle ist derzeit noch die Speicherung, die etwa 100-mal teurer als die etablierte Sequenzierung ist«, sagt Mark Somoza. Für ihn ist es aber nur eine Frage von wenigen Jahren, bis unser Erbgut zum alltäglichen Speichermedium wird. »Die DNA ist einfach großartig. Wenn man sie kühl, trocken und dunkel lagert, kann sie sogar in einem ganz normalen verschlossenen Becher mehrere Jahrhunderte überdauern.«

Somozas Kollegen Robert N. Grass von der ETH Zürich ist es vor Kurzem gelungen, DNA mit Glas zu umhüllen – und anschließend daraus wiederzugewinnen. Materialtests im Labor deuten darauf hin, dass DNA auf diese Weise sogar mehrere Tausend Jahre lang aufbewahrt werden kann – mindestens. So alt wie das Mammut aus dem arktischen Eis wird sie damit natürlich noch nicht. Aber deutlich haltbarer als alle anderen Speichermedien, die es heute gibt.





# » Ein geschädigtes Gehirn kann man kaum noch heilen «

39

**Werden uns Smartphones eines Tages unser Alzheimerisiko verraten? Und warum ist es so schwierig, eine wirksame Therapie gegen die Krankheit zu entwickeln? Wir haben Stefan Remy gefragt, Direktor des Leibniz-Instituts für Neurobiologie.**

LEIBNIZ Herr Remy, wir wollen über eine der medizinischen Krisen unserer Zeit sprechen: Alzheimer. Wie viele Menschen sind bei uns betroffen?

STEFAN REMY Mehr als 1,8 Millionen Menschen in Deutschland leiden an einer Demenz, wobei 80 bis 85 Prozent aller Demenzen der Alzheimer-Demenz zuzuordnen sind. Jedes Jahr erkranken mehr als 400.000 Menschen neu, Tendenz steigend. Das liegt auch am demografischen Wandel: Das Risiko für Alzheimer steigt mit dem Alter – und unsere Gesellschaft wird immer älter.

Was genau geschieht bei Alzheimer im Gehirn?

Die genauen Prozesse sind noch weitgehend ungeklärt. Wir wissen aber, dass die Krankheit mit zwei Arten von Eiweißablagerungen im Gehirn einhergeht: Beta-Amyloid und Tau-Protein heißen sie. Um beim Beta-Amyloid zu bleiben: Es wird im gesunden Körper abgebaut, bei Alzheimer ist dieser Prozess offenbar gestört. Die sich ansammelnden Proteine beeinträchtigen die Synapsen, die Schnittstellen zwischen Nervenzellen, und führen schließlich dazu, dass Nervenverbindungen nicht mehr funktionieren. Die Weiterleitung und Verarbeitung von Informationen werden gestört.

Bislang gibt es keine Therapie, mit der sich Alzheimer heilen lässt. Ist es so schwer, diese Ablagerungen mit Medikamenten zu beseitigen?

In den vergangenen Jahren wurden mehrere aussichtsreiche Antikörper entwickelt, die sich gezielt gegen das Amyloid richten, ein Beispiel ist der Antikörper Lecanemab. Vor wenigen Wochen hat auch der Wirkstoff Donanemab vielversprechende Daten gezeigt; wenn er früh genug eingesetzt wurde, konnte er den kognitiven Abbau, also den Verlust bestimmter geistiger Fähigkeiten, sogar nachweislich bremsen. Das ist alles sehr gut – aber auch diese neueren Wirkstoffe können das Voranschreiten der Alzheimer-Erkrankung nicht vollständig aufhalten, geschweige denn Alzheimer heilen. Bislang überzeugt keine Therapie. Deshalb macht es Sinn, auch an anderen Behandlungsansätzen zu forschen.

Woran denken Sie dabei?

Man sollte auch die Mechanismen ins Visier nehmen, über die die Eiweißablagerungen zum Verkümmern und zum Funktionsverlust der Nervenzellen und Nervenverbindungen führen. Mein Institutskollege Michael Kreutz hat zum Beispiel eine vielversprechende Substanz namens Nitarsone untersucht, die die Aktivität des Transkriptionsfaktors CREB aufrechterhält. CREB ist für die Funktion und das Überleben der Nervenzellen sehr wichtig – Amyloid wiederum unterdrückt offenbar die CREB-Aktivität. Es gibt erste Hinweise, dass Nitarsone dem schädlichen Einfluss auf CREB entgegenwirkt. Diesen Mechanismus möchten wir weiter erforschen.

Damit setzt man aber nicht mehr an der Wurzel des Problems an, sondern etwas später.

Stimmt, das geht in Richtung symptomatische Therapie: Man behandelt die angegriffenen, aber noch lebenden Nervenzellen, deren Untergang erst später die Anzeichen für Alzheimer hervorruft, darunter Gedächtnis- und Orientierungsstörungen. Das ist also durchaus sinnvoll, wenn man früh genug ansetzt. Momentan ist es allerdings so, dass die Krankheit meistens erst entdeckt wird, wenn die Ablagerungen schon einige Zeit vorhanden sind und entsprechende Schäden angerichtet haben. Sicher wirken die Antikörper gegen Amyloid auch deshalb nur begrenzt – weil sie nicht früh genug eingesetzt werden.

Könnte man solche Wirkstoffe nicht auch einfach vorsorglich einnehmen?

Das macht bislang keinen Sinn, nicht nur angesichts möglicher Nebenwirkungen. Denn im Grunde müsste das dann jeder machen. Jeder Mensch kann an Alzheimer erkranken, denn nur in einem Prozent der Fälle ist die Erkrankung genetisch bedingt. Auch das macht eine frühe Diagnose so schwierig. Diese wäre aber enorm wichtig und ein entscheidender Faktor für die Behandlung: Ein Gehirn, das schon geschädigt ist, kann man kaum noch heilen.





In der Bevölkerung ist das Wissen über Alzheimer bereits recht groß. Wer merkt, dass sich kognitive Einschränkungen entwickeln, geht heute in den meisten Fällen zügig zum Arzt, und in der Regel lässt sich bei Verdacht auf Alzheimer mit entsprechenden Tests recht gut eine Diagnose stellen.

Das stimmt alles. Es gibt mittlerweile auch die Möglichkeit, mit neuen Verfahren die Amyloid-Plaques zu markieren und in einem bildgebenden Verfahren nachzuweisen, in der sogenannten Positronen-Emissions-Tomographie, kurz PET. Aber eine PET-Aufnahme wird – wenn überhaupt – trotzdem recht spät gemacht, wenn die Symptome bereits so ausgeprägt sind, dass sie auffallen.

Und man kann vermutlich auch nicht alle regelmäßig in ein PET schieben?

Das kann man tatsächlich nicht, es wäre viel zu teuer – und so viele PET-Geräte gibt es auch gar nicht. Es müssen also wenigstens erste Beschwerden als Anhaltspunkt vorliegen. Helfen könnte womöglich künstliche Intelligenz. Am Leibniz-Institut für Neurobiologie, dem LIN, untersuchen wir gemeinsam mit Forscherinnen und Forschern des Gladstone Institute of Neurological Disease in San Francisco das Verhalten von Mäusen. Mithilfe von Kameras beobachtete eine KI die Mäuse über einige Tage hinweg. Sie beobachtete, wie sich welche Maus bewegte und verhielt – und fand tatsächlich Muster, die diejenigen Mäuse gemeinsam hatten, bei denen bereits eine genetische Disposition für Alzheimer vorlag und die die Erkrankung schließlich tatsächlich entwickelten.

Was machten diese Mäuse anders?

Sie zeigten zum Beispiel vermehrt Verhaltensmuster, die es zur Orientierung in einem Raum braucht: Sie gingen weniger zielorientiert, richteten sich auf, schauten sich mehr um, schnupperten vermehrt. Auf diese Weise mussten sie mehr Zeit und Energie in die Orientierung stecken – das hat die KI erkannt. Faszinierend daran ist, dass unsere KI diese Muster selbst gefunden hat. Das ist ein großer Vorteil, denn sie hat – anders als Menschen – keinen Bias,

das heißt, die Beurteilung wird nicht durch Vorurteile oder bestimmte Erwartungshaltungen verändert. Sie wusste im Grunde nicht einmal, dass sie Mäuse beobachtet.

Wie lassen sich diese Methoden auf den Menschen übertragen?

Wir wissen, dass die Orientierungsfähigkeit bei Alzheimer mit als Erstes abnimmt, ihre Verschlechterung also ein Frühsymptom ist. Man könnte Menschen mit Smartphones oder ihrer Smartwatch tracken und die Bewegungsmuster analysieren. In einer neuen Verbundinitiative unter Beteiligung des LIN planen wir, ersten Probanden solche »Wearables« mitzugeben, um die gesammelten Daten mittels KI zu analysieren. Bei alledem ist natürlich enorm wichtig, dass die Daten nur für eine Alzheimer-Früherkennung verwendet werden und Datenschutz und Datensicherheit gewährleistet sind.

Im Idealfall erkennt man so eine beginnende Alzheimer-Demenz sehr früh, also noch bevor sie den Betroffenen selbst auffällt?

Ja, und man kann sie so auch früher behandeln und damit für die Betroffenen eine bessere Prognose erzielen. Denn das kognitive Defizit, dazu zählen die besagten Orientierungs- und Gedächtnisstörungen, zeigt sich erst vergleichsweise spät. Vielleicht gibt es also andere, noch frühere Biomarker, die auf die Erkrankung hinweisen, noch bevor sie wirklich Schaden angerichtet hat. Wissenschaftler weltweit suchen danach.

Was wäre da denkbar?

Das können bestimmte Verhaltensweisen sein, wie ich sie eben beschrieben habe. Dabei muss es nicht einmal immer eine direkte Einschränkung der kognitiven Fähigkeiten sein, die uns auffällt – es kann auch ein Kompensationsmechanismus für einen Mangel sein. Wir haben zum Beispiel Mäuse wiederholt in eine Arena mit 24 Löchern geschickt, die alle nach einer Belohnung rochen, aber nur in einem Loch war tatsächlich eine Belohnung versteckt. Und zwar immer im gleichen Loch. Viele der gesunden Mäuse sind beim zweiten oder dritten Mal direkt zum richtigen

Loch gegangen und haben dort die Belohnung gefunden. Die Mäuse, die begannen, an Alzheimer zu erkranken, konnten sich dieses Loch nicht merken – also haben sie der Reihe nach ein Loch nach dem anderen untersucht, bis sie die Belohnung fanden. In diesem Fall wäre dieser Strategiewechsel ein Kompensationsmechanismus. Neben dem Verhalten kann es natürlich noch andere Biomarker geben: Moleküle im Blut etwa, oder auch bestimmte Auffälligkeiten im Liquor, dem Nervenwasser.

Wie könnten diese Auffälligkeiten aussehen?

Man hat Hinweise gefunden, dass viele Nervenzellen, bevor sie verkümmern, anfangs paradoxerweise eine Übererregbarkeit aufweisen. Diese Übererregbarkeit zeigt bei einer bestimmten Untersuchung, dem Elektroenzephalogramm, kurz EEG, charakteristische Muster, die häufig auch Epilepsiepatienten aufweisen. Symptome und Beschwerden zeigen sich bei den Betroffenen aber eher selten, allenfalls ist ihr Risiko für epileptische Anfälle etwas erhöht. Am LIN versuchen wir nun in Mausmodellen herauszufinden, wie es zu dieser Übererregbarkeit kommt. Wir konnten eine gestörte Balance von Hemmung und Erregung in Nervenzellen finden; womöglich führt uns das zu weiteren Hinweisen. Außerdem wollen wir ein Computermodell eines Gehirns aufbauen, das Alzheimer entwickelt – auch, um besser und ohne Tierversuche nach solchen frühen Biomarkern suchen zu können.

Was glauben Sie: Wird Alzheimer einmal heilbar sein?

Das vermag ich nicht zu sagen. Entscheidend ist, dass wir die Pathomechanismen besser verstehen, also im Detail erklären können, was falsch läuft im Körper, wenn jemand erkrankt. Eine Voraussetzung dafür ist es, zu wissen, wie es richtig laufen sollte. Genau das versuchen wir am LIN aufzudecken: Wir wollen verstehen, wie die Grundlagen von Lernen und Gedächtnis bei Gesunden aussehen, welche Signalwege hier im Detail aktiv sind. Wenn uns das gelingt, begreifen wir auch eher, wie und warum das Gehirn krank wird. Aber zurück zu Ihrer Frage: Die Wissenschaft arbeitet daran, Alzheimer besser zu verstehen – und das ist die Voraussetzung dafür, dass wir diese Krankheit ein-

mal vollständig und erfolgreich behandeln können. Ich denke aber, dass uns das in absehbarer Zeit leider nicht gelingen wird, und dass es überhaupt einmal möglich sein wird, darauf kann man sich auch nicht verlassen. Nicht zuletzt deshalb ist nicht nur Früherkennung wichtig, sondern auch die Prävention: Es geht für jede und jeden von uns darum, das Risiko minimal zu halten, an Alzheimer zu erkranken.

Was kann man denn tun, um das Risiko zu senken?

Eine ganze Menge! Zunächst einmal ist regelmäßige Bewegung nicht zu unterschätzen: Sport ist immer auch für das Gehirn eine Art Vitalitätskur und hält es fit und widerstandsfähig. Zweitens sollte man die sogenannte kognitive Vitalität stärken, das heißt vereinfacht gesagt, man sollte lesen und denken und Neues lernen, insbesondere im Alter. Drittens: Soziale Interaktionen pflegen, erhalten und stärken die Plastizität des Gehirns. Schließlich gilt tatsächlich der bekannte Spruch: Ein gesunder Geist wohnt in einem gesunden Körper. Bluthochdruck und Arteriosklerose, Rauchen, Alkohol, Übergewicht und Stress erhöhen hingegen das Risiko für die spätere Entwicklung einer Demenz. Den größten Risikofaktor aber, das Alter, kann man nicht beeinflussen. Doch indem man alles andere beachtet, lässt sich zumindest ziemlich wirkungsvoll gegensteuern – und so in vielen Fällen das Risiko für die Entwicklung von Alzheimer auch im fortgeschrittenen Alter reduzieren.

#### ALTE LIEBE

Für ihr Projekt »Immergrün« hat Loredana Nemes langjährige Paare portraitiert, die sich auf einen Aufruf der Fotografin hin als Liebende gemeldet hatten. Die stillen Schwarzweiß-Portraits der Serie versteht Loredana als Hommage an das Alter. Die Technik der Doppelbelichtung nutzte sie, um Liebe und Vertrautheit, aber auch Schwinden und Vergehen zu visualisieren.



# Erinnerungskultur

## Wie funktioniert eigentlich das Gedächtnis? Ein Blick auf die Merkkünste unseres Gehirns.

Konzept KONRAD KRUG\*

### DAS GEHIRN

Die Grundbausteine unseres Gehirns sind NEURONEN, Nervenzellen, die untereinander durch SYNAPSEN verbunden sind. Es gibt Neuronen, die mit bis zu 200.000 anderen Neuronen verbunden sind. Insgesamt gibt es im Gehirn circa 86 Milliarden Neuronen und 100 Billionen Synapsen. Wenn wir uns erinnern, kommunizieren Neuronen miteinander und tauschen Signale aus. Die Gesamtheit der Neuronen, die an einem solchen Prozess beteiligt sind, nennt man auch ENGRAMM. Engramme sind also, in einem gewissen Sinne, die Träger von Erinnerungen.

46



### BEMERKENSWERT

25.000

Straßen und 10.000 Sehenswürdigkeiten müssen sich Londons TAXIFÄHRER einprägen—ihr Hippocampus ist daher überdurchschnittlich groß.

Das **2.**-beste Gedächtnis überhaupt haben DELFINE—nach uns Menschen.

In nur zwölf Minuten konnte sich der zehnjährige Nischal Narayanan **225** Objekte merken. WELTREKORD!

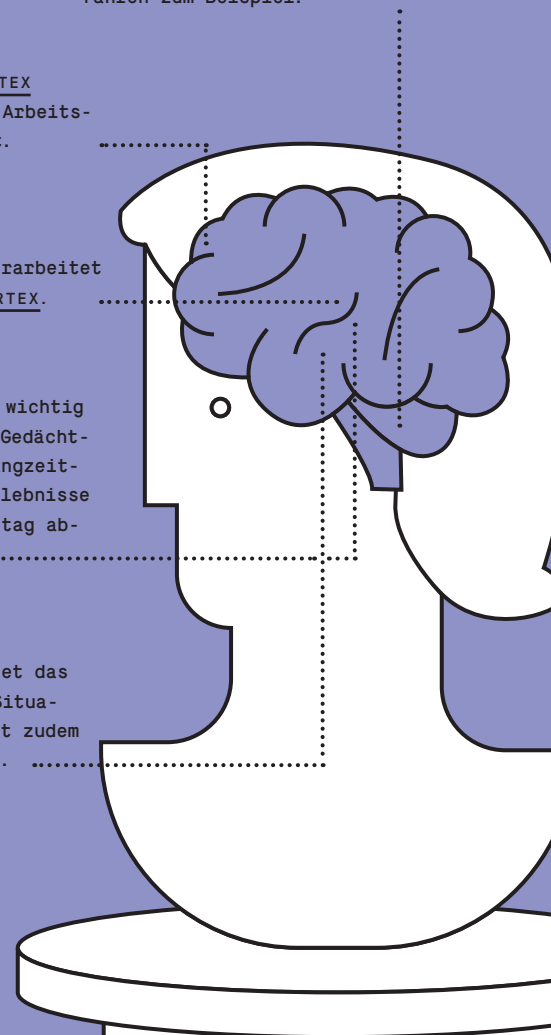
Das KLEINHIRN ist für das Prozedurale Gedächtnis zuständig. Hier werden unter anderem Fertigkeiten gespeichert—Fahrradfahren zum Beispiel.

Der PRÄFRONTALE KORTEX ist entscheidend am Arbeitsgedächtnis beteiligt.

Sprache und Musik verarbeitet der AUDITORISCHE KORTEX.

Der HIPPOCAMPUS ist wichtig für das Episodische Gedächtnis, den Teil des Langzeitgedächtnisses, der Erlebnisse wie den ersten Schultag abspeichert.

In der AMYGDALA findet das Wiedererkennen von Situationen statt. Sie ist zudem der Sitz der Gefühle.



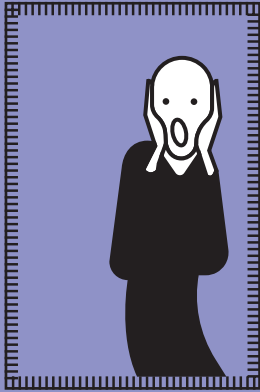
### DAS GEDÄCHTNIS

Unser Gedächtnis ist DEZENTRAL und sitzt nicht an einem Ort im Gehirn.

\*Bei der Recherche hat uns das Leibniz-Institut für Neurobiologie unterstützt. Weitere Quellen: National Geographic; Queensland Brain Institute; Spektrum der Wissenschaft; The Human Brain in Numbers; The New Indian Express; Working Memory, Thought and Action



**EINFLUSS-FAKTOREN**



STRESS hat Einfluss auf unser Gedächtnis—positiv wie negativ. Leichter Stress hilft, Wichtiges von Unwichtigem zu trennen. Chronischer Stress lässt den Hippocampus schrumpfen.



Wurde da etwa ein Vergesslichkeitsserum ins 13. Bier gemischt? ALKOHOL bremst diverse Rezeptoren und verursacht so eine Störung des Hormongleichgewichts im Hippocampus. Wir nehmen das als »Filmriss« wahr.

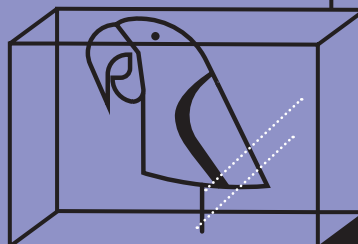


Genügend SCHLAF ist für ein funktionierendes Gedächtnis unerlässlich—denn unser Langzeitgedächtnis formiert sich vor allem nachts. Die Floskel »Eine Nacht darüber schlafen« kommt also nicht von ungefähr.

Wenn wir uns bewegen, bringt das unser Erinnerungsvermögen in Schwung. SPORT fördert die Durchblutung des Gehirns und baut durch die Ausschüttung von Neurotransmittern wie Dopamin Stress ab. Das ist gut fürs Gedächtnis.

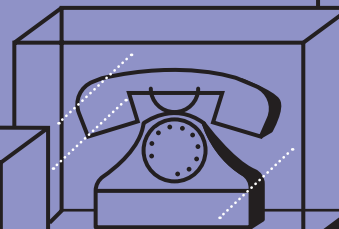
**ARTEN DES GEDÄCHTNIS**

Unser Gedächtnis findet in drei Stationen statt, in denen Erlebtes unterschiedlich lange gespeichert wird.



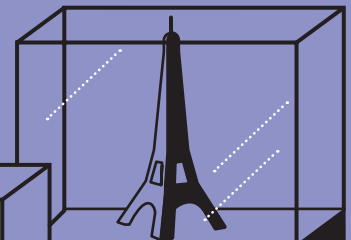
SENSORISCHES GEDÄCHTNIS  
(unter einer Sekunde bis zu wenigen Sekunden)

Einen zuvor gesagten SATZ wiederholen können, ohne hingehört zu haben.



ARBEITSGEDÄCHTNIS  
(wenige Sekunden bis Minuten)

Sich eine TELEFON-NUMMER kurzfristig merken können, ohne Notizen gemacht zu haben.



LANGZEITGEDÄCHTNIS  
(Stunden bis Jahre)

Die HAUPTSTADT VON FRANKREICH kennen, ohne einen Atlas aufzuschlagen.



# Der Zellsortierer

Text STEFANIE HARDICK Fotos ANNE SCHÖNHARTING/OSTKREUZ

## Seit mehr als drei Jahrzehnten erforscht Andreas Radbruch unser Immungedächtnis. Der Immunologe will falsche Erinnerungen gezielt löschen – und damit Autoimmunkrankheiten wie Rheuma heilen.

Wir erinnern uns falsch. Ständig. Jede Erinnerung, die wir aus unserem Gedächtnis hervorkramen, wurde dadurch bereits bearbeitet und verändert. Unsere Erinnerung ist ständig im Fluss, sie ist ein Spiel zwischen Hirnzellen, Transmittern und elektrischen Strömen. Trotzdem glauben Menschen fest daran, dass sie sich korrekt erinnern. Historiker können ein Lied davon singen, Polizisten und Paartherapeuten.

Wäre unser Immungedächtnis ähnlich unzuverlässig, wären wir ständig krank. Bei den meisten Menschen erinnert sich die körpereigene Abwehr mit faszinierender Präzision. Belästigen uns Bakterien, Pilze oder Viren zum zweiten Mal, kann sie auf bewährte Rezepte zurückgreifen. Spezialisierte weiße Blutkörperchen, sogenannte Plasmazellen, produzieren genau jene Antikörper, die beim letzten Mal am besten gewirkt haben. Oft ist die Infektion dann so schnell vorbei, dass wir sie nicht einmal bemerken.

Doch leider erinnert sich unser Immunsystem mit derselben Präzision an seine Fehler. Wenn sich Abwehrzellen irren und den eigenen Körper angreifen, speichert das Immungedächtnis auch diese Verwechslung – ein Leben lang. Chronische Entzündungen sind die Folge, in Haut oder Nerven, in Darm oder Gehirn, in inneren Organen oder in der Muskulatur. Je nachdem, welches Gewebe die Abwehrzellen für einen Fremdkörper halten. Allein in Deutschland leiden Millionen Menschen an Autoimmunkrankheiten wie Rheuma, Lupus, Diabetes I, Schuppenflechte oder Multipler Sklerose. Auch wenn die meisten Betroffenen es nicht benennen könnten, eint sie ein Wunsch: Ihr Immunsystem möge endlich vergessen.

Hier kommt Andreas Radbruch ins Spiel. Seine Mission: gezielter Gedächtnisverlust.

Wenn vom Immunsystem die Rede ist, entsteht oft der Eindruck, unsere Körper befänden sich im andauernden Kriegszustand: Ein hochgerüsteter Militärapparat steht bereit für die Verteidigung, eifrige Zellsoldaten führen Abwehrschlachten an den Frontlinien und hochspezialisierte

Eliteeinheiten treiben Verdächtige in den Selbstmord. Andreas Radbruch verzichtet auf aggressive Kampfmetaphern. Das ist keine bewusste Entscheidung, sagt er, eher eine logische Folge seiner Perspektive auf unser Immunsystem. »Ich bewundere seine Schönheit. Als biologisches System arbeitet es extrem elegant und nachhaltig. Seine Bestimmung ist, unseren Körper intakt zu halten. Es arbeitet konstruktiv und mit vielen Bakterien auch in einem faszinierenden Dialog. Mit Krieg hat das nichts zu tun.«

Respekt vor der Natur ist eine der Eigenschaften, die Radbruch so erfolgreich gemacht haben. Es gibt Wissenschaftler, die stunden am liebsten rund um die Uhr im Labor. Radbruch braucht Abstand. Nach Feierabend setzt er sich in den Zug und fährt raus aus der Stadt in das brandenburgische Dorf, in dem er wohnt. Umgeben von einem Naturschutzgebiet hält er hier eine kleine Herde Islandpferde. Während Radbruch Zäune repariert und Ideen entwickelt, wie er dem Immunsystem seine Geheimnisse entlocken kann, halten die Pferde das Gras kurz und pflegen ganz nebenbei das Ökosystem.

Dass jedes Lebewesen eine Funktion übernimmt im Gesamtsystem, diese Erkenntnis steht auch am Anfang von Radbruchs wissenschaftlicher Laufbahn. Das Zoologische Forschungsmuseum Alexander Koenig und heutige Leibniz-Institut zur Analyse des Biodiversitätswandels betreibt bereits in den 1960er Jahren, was heute Citizen Science heißt: Wissenschaftler zeigen den Bonner Schülern damals, wie man den ökologischen Wert von Gebieten ermittelt, die unter Naturschutz gestellt werden sollen. Andreas Radbruch stapft also in seiner Freizeit durch die Landschaft und erfasst Kleinsäuger. Meist heißt das: Er sucht Mäuse, zählt Mäuse, bestimmt Mäuse.

Besonders interessante Exemplare bringt die Gruppe zurück ins Museum, wo sich die Mäusekäfige bald stapeln. Die Wissenschaftler haben Verbindungen zum Bonner Universitätsklinikum und irgendwie landen einige Käfige in der Kinderpathologie. Die Forscher dort sind begeistert,

denn diese Mäuse haben besondere Chromosomen. Bekommen sie Junge, haben einige die üblichen zwei Chromosomen-Kopien, viele aber nur eine – oder sogar drei. Bei Mäusen wie bei Menschen kann das zu schweren Missbildungen führen. Andreas Radbruch packt die wissenschaftliche Neugier: »Ob ein, zwei oder drei Chromosomen da sind – warum ist das so entscheidend? Das wollte ich damals verstehen, unbedingt.« Nach dem Abitur entscheidet er sich, Biologie zu studieren und behält seine Fragen im Hinterkopf: Wann werden Organismen krank? Und wie wehren sie Krankheiten ab?

Die Immunologie steckt damals noch in den Kinderschuhen, an der Bonner Universität wird sie gar nicht gelehrt. Für eine Promotion in diesem Fach muss Radbruch sich deshalb in Köln bewerben, an Max Delbrücks renommiertem Institut für Genetik – wo der Andrang groß ist und die Professoren nicht gerade auf ihn gewartet haben. Doch von nun an wird ihm sein Verständnis für Technik viele Türen öffnen. In Köln suchen sie jemanden, der Chromosomenbilder machen kann, sogenannte Karyogramme. Das hat Radbruch als Schüler an den Bonner Mäusen gelernt. Er darf wechseln, promoviert in Immunologie – und entwickelt mit einem Diplomanden einen magnetischen Zellsortierer. »Mit der herkömmlichen Technik dauerte das Sortieren die ganze Nacht. Wir waren einfach faul.« Der Diplomand, Stefan Miltenyi, leitet mittlerweile einen der größten deutschen Bio-Tech-Konzerne. Und Radbruch macht eine Entdeckung, die er seinen »claim to fame« nennt.

Damals geht man noch davon aus, dass auch unser immunologisches Gedächtnis ständig im Fluss ist: Ein Auf und Ab von Abwehrzellen im Blut, die sich im Notfall vermehren, an Orte schwimmen, wo sie gebraucht werden und nach getaner Arbeit sterben.

Radbruch fragt sich: Wie kann sich ein solches System erinnern? Wo werden Informationen zu Erregern aufbewahrt, gegen die wir nach Infektionen oder Impfungen immun sind? Und warum flammen Autoimmunkrankheiten immer wieder auf, sobald man die Medikamente absetzt?

Der Forscher Radbruch beobachtet nun das System und seine Teile wie früher der Schüler Radbruch. Nur dass er jetzt keine Mäuse sucht, zählt, bestimmt, sondern die verschiedenen Zellen unseres Immunsystems. Mit seiner Forschungsgruppe untersucht er sogenannte Lymphozyten, weiße Blutkörperchen, die uns ein Leben lang vor

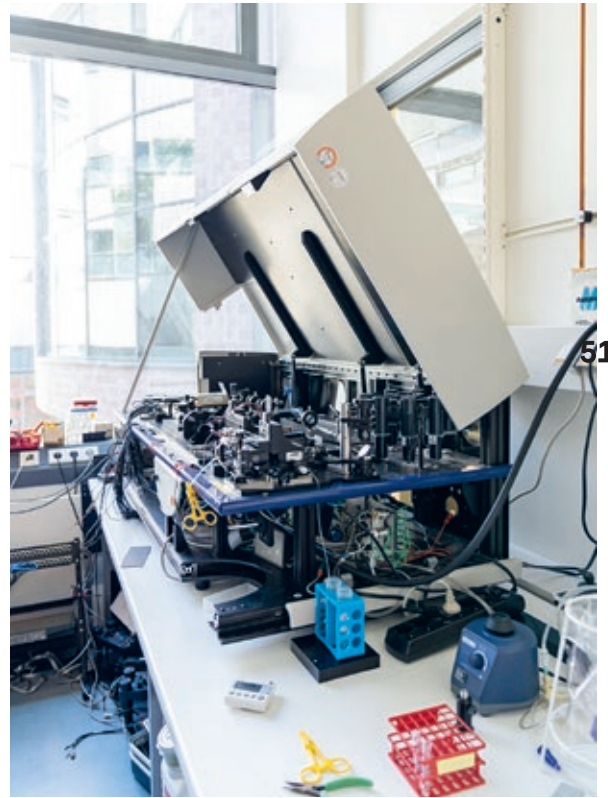
## Seine Mission: gezielter Gedächtnis- verlust.

Krankheitserregern schützen, denen wir schon einmal begegnet sind. Die einen, Gedächtnis-T-Zellen, merken sich Rezepte für biochemische Signalstoffe. Die anderen, Gedächtnis-Plasmazellen, merken sich Rezepte für Antikörper. Und Radbruchs Forschungsgruppe kann zeigen: Diese Zellen sind mitnichten vergänglich, wie man lange Zeit angenommen hatte. Sie bleiben uns ein Leben lang erhalten. Das immunologische Gedächtnis wächst mit uns, es lernt mit uns, es schützt uns – dauerhaft.

1996 wird Andreas Radbruch Wissenschaftlicher Direktor des Deutschen Rheuma-Forschungszentrums (DRFZ) in Berlin. Dort setzt er die Untersuchungen mit seinem Team fort: Er markiert die Gedächtniszellen, beobachtet ihren Lebenszyklus und verfolgt ihren Weg durch den Körper. Schon bald verkündet das DRFZ eine sensationelle Entdeckung: Das Immungedächtnis sitzt uns in den Knochen.

Im Mark der langen Knochen unserer Arme und Beine werden die Gedächtniszellen bewahrt, die unser Immunsystem seit der Geburt sammelt. Das sind jene Abwehrzellen, deren Antikörper beim ersten Einsatz gegen einen unbekanntem Erreger am besten gewirkt haben. Unser Körper bettet sie in Nischen zwischen sogenannte Ammenzellen, die sie füttern und pampern und vor Stress bewahren. Denn sterben die Gedächtniszellen, dann geht auch das effektivste Rezept gegen einen bestimmten Erreger verloren.

Der Datenschatz ist gut verborgen. Nur wenige Millionen Zellen umfasst unser immunologisches Gedächtnis. Verglichen mit der Gesamtzahl aller Zellen unseres Körpers sind Gedächtniszellen extrem selten: Weniger als ein Prozent der Zellen im Knochenmark produziert Antikörper. Und von diesen Zellen ist wiederum nur jede tausendste



51



bis zehntausendste auf einen bestimmten Krankheitserreger spezialisiert. Wie erforscht man etwas, das so selten ist – und so gut geschützt?

Andreas Radbruch ist die Personifikation des Mottos »Geht nicht, gibt's nicht«. Dass das früher der Slogan eines Baumarkts war, ist durchaus passend für seine Herangehensweise. In den Naturwissenschaften gehen Entdeckungen meist Hand in Hand mit der Entwicklung neuer Maschinen, Mikroskope, Messgeräte. Ohne die neuesten Geräte könnte das DRFZ nicht vorne mitspielen in der Immunforschung. »Wir haben hier einige ›Porsches‹ und ›Ferraris‹ angeschafft«, sagt Radbruch beim Rundgang durch die Labore. So gut die Technik ist, ihm ist sie selten gut genug. Marktübliche Zellsortierer zum Beispiel sind für Blutzellen konzipiert, die rund sind und robust. Sortiert man damit Plasmazellen, platzen sie.

Radbruch entwickelt deshalb viele Geräte weiter, im Ideen-Ping-Pong mit seinem Technischen Leiter Toralf Kaiser. Als der ihn während des Rundgangs darauf hinweist, dass es heute nicht mehr nötig sei, Bauteile aus Plastikpipetten und Siebdruckfolie zusammenzufrickeln, weil sie doch standardmäßig eingebaut sind, kontert Radbruch: »Ich schraub' die Maschine trotzdem lieber selbst auf.«

Im Moment verfolgt er die Entwicklungen der Arbeitsgruppe von Hyun-Dong Chang. Sie tüftelt an einem Gerät, das die Bakterien im menschlichen Stuhl nach ihren Formen sortieren soll: »Shit«-Zytometrie (wobei Zytometrie für Zellvermessung steht). Die Untersuchung ist wichtig, denn bei Autoimmunkrankheiten gerät oft auch das Mikrobiom durcheinander. Ob ein Mensch an Rheuma erkrankt ist, lässt sich so beispielsweise viel sicherer diagnostizieren als über die Rheumafaktoren im Blut, erklärt Radbruch.

Er ist bekannt dafür, Experimente zum Laufen zu bringen. Ursprünglich wurde er wegen dieser Erfolge im Labor ans DRFZ geholt. Radbruch akzeptierte es als Dilemma des deutschen Forschungsbetriebs, dass er als Wissenschaftlicher Direktor vor allem organisierte, Drittmittel beantragte, politisch agieren und diplomatisch sein musste. »Das ist nicht unbedingt mein Ding«, sagt er. »Ich habe immer ein bisschen getrauert, weil ich nicht mehr so oft im Labor stehen konnte.« Im Mai hat er die Leitung des DRFZ an seinen Nachfolger Eicke Latz übergeben. Jetzt würde er am liebsten im Institut wieder sein eigenes Labor einrichten und dort gemeinsam mit den jüngeren Forschenden Experimente zum Laufen bringen.

Steckte die Immunologie zu Beginn seiner Karriere noch in den Kinderschuhen, sieht Radbruch heute eine Hochzeit der Immunforschung. Trotzdem weiß noch immer niemand genau, wie Autoimmunkrankheiten entstehen. Warum der Körper plötzlich die eigenen Zellen zum Feind erklärt. Und warum das Immungedächtnis diesen Irrtum genau so sorgfältig bewahrt wie den Datenschatz über gefährliche Erreger.

Mittlerweile kann man das Vergessen erzwingen, mit Chemotherapien alle Gedächtniszellen abtöten und danach frische Stammzellen implantieren. Weltweit wurde dieser »Immunreset« bisher bei mehreren Tausend Patienten erfolgreich durchgeführt. Auch Radbruch hat die Methode angewendet, gemeinsam mit Ärzten der Charité. Sie hat allerdings extreme Nebenwirkungen, erklärt er: »Die Therapie ist zu brutal, um allgemein akzeptiert zu werden.« Deshalb arbeiten die Forscher am DRFZ an präziseren Methoden. Bildhaft gesprochen wollen sie nicht das komplette Gedächtnis ausschalten, indem sie dem Patienten mit einem Hammer auf den Kopf hauen, sondern wie mit einer Pinzette einzelne Gedächtniszellen aus ihren Nischen picken und damit gezielt nur jene Erinnerungen löschen, die krank machen. Außerdem versuchen sie, die Ammenzellen zu überzeugen ihre Bemutterung aufzugeben und krankmachende Gedächtniszellen ihrem Schicksal zu überlassen. Die Immunforscher kleben dafür Markierungen an Zelloberflächen, verändern die mRNA im Zellkörper, schleusen Proteine als Störsender zwischen die Ammenzellen.

Selten ist bei Grundlagenforschung von Heilung die Rede. Zu groß ist die Gefahr, dass Betroffene sich falsche Hoffnungen machen. Denn auch wenn ein krankmachender Mechanismus endlich verstanden ist, vergehen meist noch Jahrzehnte, bis es eine Therapie gibt. Andreas Radbruch, der das Immungedächtnis so lange untersucht wie kaum ein anderer, traut sich, von Heilung zu sprechen – oder präziser: von therapiefreier Remission. Er ist sich sicher, dass Gedächtniszellen ein Schlüssel sind, um Autoimmunkrankheiten zu stoppen. »Therapien, die dort ansetzen, könnten Menschen ihr Leben zurückgeben. Und das hat mich motiviert, von Anfang an.«



# Gedächtnis vs.

Interview JULIANE ZIEGLER Fotos VERENA MÜLLER

Wenn ein Wissenschaftler bei Wikipedia bereitliegt oder ich ChatGPT um eine Information bitten kann – warum sollte ich sie mir dann selber merken? Wir haben die Psychologin Ulrike Cress gefragt, wie die neuen Möglichkeiten unser Gedächtnis beeinflussen. In Tübingen leitet sie das Leibniz-Institut für Wissensmedien.

LEIBNIZ Frau Cress, wie begegnen Sie digitalen Medien – mit Neugierde oder mit Skepsis?

ULRIKE CRESS Als gewöhnliche Nutzerin freue ich mich, wenn mir ein Programm, eine Software oder eine App Empfehlungen gibt, also durch einen guten Algorithmus weiß, was ich will. Ich nutze auch Twitter, da frage ich mich allerdings: Wieso werden mir jene Tweets angezeigt, andere nicht? Was bedeutet es politisch, wenn jemand wie Elon Musk ein solches Unternehmen übernimmt? Insofern habe ich durchaus ethische Fragen an Algorithmen.

Wie wirkt es sich denn auf uns und unser Gedächtnis aus, wenn sämtliche Informationen online ständig verfügbar sind?

Externes Wissen oder externe Gedächtnisse gab es schon immer – zum Beispiel in Form von Büchern, als Lexika. Suchmaschinen oder Wikipedia sind nichts anderes als »ausgelagertes Wissen«, auch wenn nun natürlich jede und jeder viel schneller und von überall darauf zugreifen kann. Dass Wissen verteilt war, gab es auch schon früher. In der Gedächtnisforschung spricht man vom »transaktiven Gedächtnis«. Das bedeutet, dass es unterschiedliche Träger gibt, die Wissen speichern, Lexika, Server und Bücher – oder auch verschiedene Menschen. Und wir Menschen sind fähig, dieses transaktive Gedächtnis zu nutzen. Entscheidend dafür, dass dieses System funktioniert, ist,

dass jeder über eine Art Metawissen verfügt. Vereinfacht gesagt muss klar sein: Wer weiß was?

Können Sie dafür ein Beispiel nennen?

Bei einer Untersuchung erhielten Ehepaare die Aufgabe, sich gemeinsam mehrere Begriffe zu merken. Ohne sich abzusprechen haben sie aufgeteilt, wer sich welche Begriffe merkt. Sie hatten »ihre« Themen, jeder merkte sich also nur einen Teil der Begriffe und automatisch entstand eine Arbeitsteilung – ein implizites System, das durch diese Aufteilung insgesamt effizienter wird. Das lässt sich auch auf das Internet übertragen: Wir merken uns weniger Informationen, wenn klar ist, dass sie woanders gespeichert und abrufbar sind. Dieser »Google-Effekt« ist sehr gut belegt. Das Gedächtnis wird entlastet und Kapazitäten werden frei, die ich für andere kognitive Tätigkeiten nutzen kann.

Warum sollten wir uns denn dann überhaupt noch etwas merken, wenn sämtliches Wissen extern abrufbar ist?

Diese Frage wird immer wieder diskutiert, auch in Bezug auf Schule: Wieviel Wissen muss überhaupt noch vermittelt werden, wenn alles online verfügbar ist? Aber es zeigt sich ganz klar, dass es nicht reicht, zu wissen, wo man was nachschauen kann. Um Inhalte zu verstehen, sie einordnen und in Beziehung zueinander setzen zu können, benötigt man ein inhaltliches Basiswissen. Diese Grundlage ist wichtig und notwendig, um Ergebnisse bewerten zu können. Externes Wissen kann umso besser genutzt und verarbeitet werden, je mehr dieses internen Wissens eine Person hat. Insofern könnte man sogar sagen, dass der Einfluss internen Wissens mit zunehmender Verfügbarkeit externen Wissens höher wird. Das wird auch unter dem Begriff der »Digitalen Kluft«



# Wikipedia

diskutiert. Menschen mit hohen Fertigkeiten können die digitale Informationsumwelt besser nutzen als Menschen mit geringem Wissen und weniger Fertigkeiten. Es ist ein Fehler zu glauben, dass Metawissen ausreichen würde.

Und wie sieht es aus, wenn digitale Tools mir andere Tätigkeiten abnehmen, das Formulieren von Texten, das Navigieren einer Route? Verkümmern dann bestimmte Fähigkeiten?

Wenn ich weiß, dass ein Gerät den Weg zu meinem Ziel viel besser kennt als ich – warum sollte ich mich nicht darauf verlassen? Ich gehe eine Art kognitive Arbeitsteilung ein, die mich entlastet. Man nennt dies auch »offloading«, aber das ist natürlich nur dann gut und sinnvoll, wenn ich die frei werdende Kapazität nutze. Es gibt allerdings Untersuchungen, die zeigen, dass Menschen aufgrund des bloßen Vorhandenseins von externen Gedächtnissen ihr eigenes Wissen gnadenlos überschätzen.

Inwiefern haben sie ihr Wissen überschätzt, wie hat man das untersucht?

Für eine Studie hat man Probanden, die mit einem Smartphone im Internet nach Informationen suchen konnten, zu bestimmten Themen befragt. Sie schätzten ihr Wissen höher ein als eine Kontrollgruppe ohne diese Suchoption, konnten die entsprechenden Informationen selbst aber gar nicht wiedergeben; sie wussten sie also nicht wirklich. Das ging so weit, dass sie überzeugt waren, ihr frontaler Kortex sei besonders stark aktiviert – der Bereich im Gehirn, der für das Lernen, das Abspeichern von Wissen im Gedächtnis, zuständig ist. Allein die Tatsache, auf eine Information im Internet zugreifen zu können, kann also zu der Illusion führen, selbst über dieses Wissen zu verfügen oder Exper-



tise vortäuschen. Etwa, wenn man meint, der bessere Arzt oder die bessere Virologin zu sein, weil man online etwas gelesen hat. Das kann durchaus gefährlich werden.

Derzeit wird viel über das Programm ChatGPT diskutiert. Haben Sie es schon genutzt?

Ja, ich war neugierig, was ChatGPT wirklich kann. Ich war fasziniert und enttäuscht zugleich: Auf der verbalen Ebene kann das Programm geschliffene Antworten geben. Aber inhaltlich fehlt ihm bislang eine wirklich belastbare Wissensbasis. Auf viele der Antworten konnte ich mich nicht verlassen, manches war falsch, anderes nicht nachprüfbar. Gleichzeitig enthielten viele Antworten wichtige Assoziationen. Ich denke, diese Programme sind wie ein Teamkollege, der gewisse Dinge besser kann als ich, aber natürlich auch ganz klar seine Beschränkungen hat.

Wir müssen also lernen, diese Tools einzuschätzen?

Was genau können sie und wie muss ich sie befragen, damit ich sinnvolle Antworten bekomme? Man muss beurteilen können: Ist das, was dieses Tool ausspuckt, richtig

oder falsch, und sind inhaltliche Zusammenhänge richtig verknüpft? Und dann in der Lage sein, die so bewerteten Antworten in sein Wissen zu integrieren. Insofern gilt: Programme wie ChatGPT dürfen unsere kognitiven Operationen nicht vollständig übernehmen. Aber uns dort ergänzen, wo wir mit unserem bisherigen Wissen nur beschränkt agieren können, das dürfen sie gerne.

In welchen Situationen zum Beispiel?

Zum Beispiel im automatisierten Journalismus: Es gibt zunehmend Inhalte, die von einem Tool generiert werden können, zum Beispiel Sportergebnisse, Wetterdaten bis hin zur Wissenschaftskommunikation, wobei ich an Meldungen zu neuen Erkenntnissen oder Zusammenfassungen des aktuellen Forschungsstandes denke. Wir haben festgestellt: Probanden können nicht unterscheiden, ob ein solcher Text von einem Menschen oder einer künstlichen Intelligenz erstellt wurde. Und wenn wir es ihnen sagen, ist es ihnen auch ziemlich egal.

56

Ab welchem Alter ist der Einsatz von digitalen Medien sinnvoll?

Ich bin Mitglied der Ständigen Wissenschaftlichen Kommission der Kultusministerkonferenz, die den Einsatz dieser Medien für alle Bildungsetappen empfiehlt. Das fängt durchaus schon im vorschulischen Bereich an und hängt natürlich ganz von der jeweiligen Software oder dem Gerät ab. Gute interaktive Bilderbücher gibt es schon für Einjährige, Spiele, die logisches Denken trainieren für Zwei- oder Dreijährige. Wichtig ist: Was soll vermittelt werden, welche Fertigkeit erlernt werden? Bei Büchern geht es ja auch nicht darum, ob wir generell Bücher empfehlen, sondern es geht um ihren Inhalt. Das ist beim digitalen Medium nicht anders: Es geht darum, was vermittelt wird. Und da haben digitale Medien durchaus Potenziale, wie ihre Multimodalität oder hohe Interaktivität, die lernförderlich sein können.

Heute erleben Kinder doch auch zuhause Smart-speaker, Smartphones und Tablets und haben dadurch sehr früh eine Vorstellung davon, wie diese Geräte technisch funktionieren.

Es geht aber darum, ein Bewusstsein zu schaffen, was digitale Medien wirklich können und was nicht, also Medienkompetenz zu vermitteln. Untersuchungen haben gezeigt, dass viele Jugendliche auch im Alter von 14 oder 15 übers Wischen und Klicken – also eine sehr oberflächliche Benutzung dieser Geräte – gar nicht hinauskommen. Das heißt: Natürlich können Digital Natives, die mit digitalen Geräten aufgewachsen sind, diese bedienen. Sie können Suchmaschinen aufrufen und kennen meist Wikipedia. Sobald es aber um den konkreten Wissenserwerb geht, um die Beurteilung und Reflexion von Inhalten, zeigt sich, dass sie darin nicht sehr versiert sind. Medienkompetenz entsteht also nicht allein durch die Nutzung digitaler Tools.



Warum ist es sinnvoll, dass Schülerinnen und Schüler immer noch bestimmte Inhalte auswendig lernen, sich Dinge selbst merken?

Das kleine und große Einmaleins zum Beispiel ist nichts anderes als Auswendiglernen. Es zu lernen ist nach wie vor wichtig, denn wir brauchen Grundfertigkeiten, um schnell etwas errechnen und höhere Rechenarten verstehen zu können. Es reicht nicht, wenn der Taschenrechner rechnen kann, sondern ich muss die Konzepte dahinter verstehen. Bei anderen Inhalten – zum Beispiel Gedichten oder Hauptstädten – geht es darum, dass das Kind fähig ist, das auswendig gelernte Wissen mit entsprechenden Assoziationen zu verknüpfen oder einzuordnen. Es sollte nicht bei »Paris ist die Hauptstadt von Frankreich« stehen bleiben, sondern zusätzliches Wissen über die Stadt, ihre Geschichte, Politik oder Kultur erwerben und damit verbinden können. Das kann nur geschehen, wenn es ein Basiswissen gibt – ob auswendig gelernt oder durch Erfahrung erworben. Beim Sprache lernen ist das ganz evident: Die Kenntnis von Vokabeln ist die Voraussetzung für Sprachverstehen und -produktion. Und Vokabeln lernt man am effizientesten auswendig. Sicherlich kann man auch jedes Wort in einer App nachschlagen, und das geht heute viel schneller als früher analog mit einem Wörterbuch. Aber eine flüssige Unterhaltung lässt sich auf diese Weise nicht führen.

Welche Vorteile hat digitales Lernen?

Es gibt nichts Langweiligeres als dauerhaft über- oder unterfordert zu sein. Gute Lernapps oder -medien sind adaptiv – das bedeutet, sie können Lehrmaterial an den Wissensstand der Lernenden anpassen. Und: Sie können unmittelbar Feedback geben, was beim Lernen stark aktiviert und motiviert. Es gibt im virtuellen Bereich die Möglichkeit, Dinge dreidimensional zu zeigen und dadurch greifbarer zu machen. Man kann auch soziale Interaktion erleben, etwa im Deutschunterricht gemeinsam an einem Text arbeiten oder virtuelle Tutoren einsetzen. Es gibt also viele Bereiche, in denen uns digitale Medien nützlich sind. Aber sie sind es nicht als digitale Medien an sich, sondern als programmierte Tools, die gewisse Aktivitäten von den Nutzenden herausfordern. Das ist das Entscheidende.



## DAS MITMACH- GEDÄCHTNIS

Sie ist die mit Abstand meistbesuchte nichtkommerzielle Webseite, in mehr als 300 Sprachen verfügbar (darunter Bairisch, Amerikanische Gebärdensprache und Esperanto) und hat lediglich 700 feste Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter; alle anderen – man geht von etwa 30 Millionen aus – wirken auf freiwilliger Basis mit: Die Rede ist, na klar, von der Wikipedia. Die freie Enzyklopädie ist mittlerweile so etwas wie das ausgelagerte Gedächtnis der Menschheit. Allein die deutsche Version zählt drei Millionen Artikel. Der längste von ihnen, »Chronik der COVID-19-Pandemie in den Vereinigten Staaten 2020«, kommt auf gut 1,4 Millionen Zeichen – und ist damit mehr als siebenmal so lang wie diese Ausgabe von »leibniz«.

Hätten Sie sich in Ihrer Ausbildung mehr digitale Medien gewünscht?

Ja, zum Beispiel kleine Roboter zu programmieren, die bestimmte Dinge tun — so etwas finde ich hervorragend. Diese Medien bedeuten eben nicht: Ich sitze am Bildschirm und tippe etwas in eine Tastatur. Sie bieten die Möglichkeit, etwas zu machen und das Ergebnis zu erleben. Da sind inzwischen durchaus haptische Erfahrungen möglich: Der eben erwähnte Roboter zum Beispiel, der die von den Lernenden entwickelten Programme ausführt, entfaltet eine ganz andere Art von Wirksamkeit. Das, finde ich, ist das Faszinierende: dass diese Virtualität heutzutage mit dem Greifbaren zusammenwächst. Analog und virtuell sind keine Gegensätze mehr.

Der Einsatz digitaler Medien bei Kindern ist umstritten. Sie wirkten sich negativ auf das Lernen aus, die Konzentrationsfähigkeit leide, die Aufmerksamkeitsspanne werde kürzer.

58

Es gab solche Hypothesen wie: »Medien machen Kinder dick und dumm!«. Damit war in erster Linie Fernsehen gemeint. Im Lernmedienbereich galt immer: Gute Medien sind Medien, die aktivieren, mit denen Kinder etwas tun, Probleme lösen oder Fragen beantworten. Damit bieten sie mehr Möglichkeiten als ein Schulbuch. Eine sinnvolle Mediennutzung war nie eine, die passiv ist.

Und was schätzen Sie an digitalen Medien?

Ich forsche zur Wissenskollaboration, zum Beispiel dazu, wie bei Wikipedia kollektiv Wissen entsteht, wie die gemeinsame Bearbeitung solcher Inhalte abläuft und wie diese das eigene Wissen verändert. Das prägt mich sehr: Ich produziere gerne gemeinsam mit Anderen Texte und sehe in diesem Produzieren einen Mehrwert. Auch hier sieht man wieder: Medien sind dann gut, wenn sie zu elaborativen, kritischen, reflexiven Prozessen beitragen. Für die Wissenskollaboration nutze ich auch persönlich lieber digitale Medien. Mir fällt es leichter, wenn Gedanken externalisiert sind und ich sie nicht nur im Kopf oder auf einem Stück Papier habe, sondern sie sortieren und mit anderen



teilen kann — denn so werden sie diskutierbar, was für die Kollaboration und Kommunikation einen großen Mehrwert hat. Heutzutage bedeutet Wissenschaft, dass Forschende sich austauschen und debattieren, gemeinsame Projekte planen und durchführen. Wissensfortschritt ist also ein sozialer, interaktiver Prozess, den digitale Medien teilweise erst möglich machen: Gemeinsam mit 1.000 Personen einen Artikel zu schreiben wie zum Beispiel auf Wikipedia — das war früher nicht möglich.

Ist Wikipedia eine Art Gedächtnis?

Zunächst ist Wikipedia eine Sammlung von Beiträgen und Inhalten, die verschiedenen Personen oder einer Gemeinschaft wichtig ist — ein externes Gedächtnis. Ein System mit Verlinkungen untereinander, zwischen unterschiedlichen Sprachen und heterogenen Sichtweisen. Dabei gibt es auch Verzerrungen, die jedoch in einem gemeinsamen System stattfinden. Jede Autorin und jeder Autor kann auf sie reagieren und muss sich den Regeln stellen: Welche In-

formation gilt als belegt? Über diese Frage werden in der Wikipedia viele Konflikte ausgetragen, es gibt »Edit-Wars«, bei denen wechselseitig Inhalte gelöscht werden. Auch über diese Regeln wird viel gestritten. Aber letztlich ist Wikipedia eine Plattform, auf der durch Diskurs ein gemeinsam tragbarer Text entsteht. Der Diskurs wird auf den »Talk-Pages« geführt. Damit ist die Metadiskussion über Güte und Wahrheit immer präsent, wird aber nicht auf den Inhaltsseiten direkt ausgetragen. Das fördert die Qualität ungemein.

Welche Auswirkungen hat der technische Fortschritt auf uns als Gesellschaft?

Dass mit den sozialen Medien starke Veränderungen einhergehen, sehen wir im Moment: Zwar gab es zum Beispiel schon immer Verschwörungstheorien, aber heute erleben wir eine Dynamik und Verbreitung in sozialen Medien, die enorm ist. Das Vertrauen in das eigene Wissen wird durch neue Medien drastisch gesteigert – selbst wenn es falsch ist. Die oben erwähnte Wissensillusion wird leider zu einem Kennzeichen unserer Gesellschaft, die nicht nur eine Wissensgesellschaft ist, sondern auch eine Gesellschaft der Wissensillusion von Novizen, also Personen mit geringer Expertise.

Wissen wird durch neue Medien aber auch zugänglicher.

Ja, aber die Zugänglichkeit hat Vor- und Nachteile. Einerseits: Es ist ein offener Bereich, der niemandem vorbehalten ist. Aber andererseits ist das Wissen auch nicht direkt zugänglich – es stehen zum Beispiel Suchmaschinen dazwischen, die filtern und auswählen. Der Nutzer ist von Algorithmen abhängig. Es wird in Zukunft eine Herausforderung sein, diese Schnittstellen transparent zu gestalten.

Was wird Ihrer Meinung nach das Gedächtnis der Zukunft können?

Die künstliche Intelligenz wird uns viel abnehmen. Dabei ist wichtig: Sie soll ein Werkzeug bleiben, Informationen sortieren, auf Dinge aufmerksam machen und auf diese Weise weitere Prozesse anstoßen, unser Denken und unsere Reflexionsfähigkeit erweitern – nicht andersrum! Mir ist

wichtig, dass ein »Browser der Zukunft« auch so etwas wie unsicheres Wissen visualisiert: Im Internet gibt es alle Arten von Informationen, valide und nicht-valide. Suchergebnisse werden Sie immer erhalten. Hat man in einem Bereich selbst wenig Wissen, ist es aber wichtig, nicht nur die fehlende eigene Expertise einschätzen zu können, sondern auch: Wer verfügt stattdessen über diese Expertise? Wie ist die Information, die ich erhalte, einzuschätzen?

Wie kann das konkret funktionieren?

In der Wikipedia gibt es zum Beispiel die Möglichkeit, die Sichtweisen unterschiedlicher Sprachvarianten auf einen Inhalt zu vergleichen. So kann man etwa beobachten, dass die völkerrechtswidrige Annexion der Krim durch Russland im Frühjahr 2014 in der russischen Wikipedia anders dargestellt wird, als in der ukrainischen. Nicht nur anhand des Inhalts, sondern auch an der Art, wie die Texte verlinkt werden, kann man sehen, dass sie nicht neutral sind. Man könnte also zum Beispiel einen Browser entwickeln, der nicht nur Suchergebnisse sichtbar macht – das kann jede Suchmaschine. Sondern einen Browser, der auch unterschiedliche Sichtweisen aufzeigt, sie ansatzweise einordnet und Widersprüche, Fragmente oder Wissenslücken deutlich macht.

In welchen Momenten könnte das wichtig sein?

Nach wie vor gibt es zum Beispiel eine sehr kleine Gruppe Forschender, die bestreitet, dass der Klimawandel von den Menschen ausgelöst wurde; die überwältigende Mehrheit ist sich darüber einig. Ein Browser, der die Information mitliefert, wie konsistent eine Expertin oder ein Experte Sachverhalte bewertet – das wäre großartig! Bei anderen Fragen könnte es hilfreich sein, bestehende Differenzen zu verdeutlichen oder Aspekte aufzuzeigen, die noch nicht ausreichend erforscht sind. Die Vorläufigkeit von Wissen haben wir ja bei der Corona-Pandemie in Echtzeit beobachten können. Im Netz, wo alle Informationen greifbar sind, muss ein Bewusstsein für die Qualität von Wissen, bestehende Widersprüchlichkeiten oder Sicherheiten geschaffen werden. Auch die Nutzerinnen und Nutzer sollten Anreize haben, ihr eigenes Wissen präziser einzuschätzen und entsprechende Debatten führen.

# Überlebende im Zeugenstand

60

Jahrzehntelang zeigen deutsche Gerichte wenig Interesse daran, den Holocaust aufzuarbeiten. Das liegt auch an der Borniertheit westdeutscher Juristen. Und an der unermesslichen Schwere der Verbrechen: Denn mit den eingeübten juristischen Werkzeugen lässt sich der Völkermord nicht fassen. In den Auschwitz-Prozessen führt das dazu, dass die Beweislast auf die Überlebenden abgewälzt wird – und zu immer groteskeren Urteilen.



### I. Die 1950er Jahre: Ahnungslosigkeit

Im August 1950 macht sich ein Kriminalbeamter aus dem emsländischen Lingen auf eine Dienstreise nach Lübeck, um einen der ersten Steine in einem Mosaik zu setzen, das bis heute nicht vollendet ist. Das Land, das er durchquert, liegt noch größtenteils in Trümmern. Der verheerende Krieg, den es mutwillig begann, liegt erst fünf Jahre zurück. Angesichts des Auftrags, mit dem der Beamte an die Ostsee reist, müsste es aber heißen: Der Krieg liegt schon fünf Jahre zurück. Fünf Jahre, in denen nur wenig über das entsetzliche Verbrechen des »Dritten Reichs« gesprochen worden ist: die systematische Vernichtung der Juden und anderer Gruppen, denen die Nationalsozialisten das Recht zu leben absprachen.

An einer öffentlichen Auseinandersetzung mit der ungeheuerlichen Schuld, die die Deutschen auf sich geladen haben, ist in der kurz zuvor gegründeten Bundesrepublik kaum jemand interessiert; die Menschen beschäftigen sich lieber mit dem Wiederaufbau und dem längst begonnenen Kalten Krieg mit dem Ostblock. Antisemitismus und Rassismus werden nicht mehr offen zur Schau getragen — einfach verschwunden sind sie jedoch nicht.

Es sind vor allem die Opfer, die nicht müde werden, an die Schrecken des Holocausts zu erinnern. Menschen wie Norbert Wollheim, dessen Lübecker Wohnung eines der Ziele des namentlich nicht bekannten Dienstreisenden ist. Wollheim hat bereits 1947 im Prozess gegen den Chemiekonzern I.G. Farben, der Zwangsarbeiter beschäftigte, ausgesagt. Nun will der emsländische Ermittler ihn über den SS-Oberscharführer Bernhard Rakers befragen, der wegen seiner Verbrechen im Vernichtungslager Auschwitz angeklagt werden soll.

Doch der Kriminalbeamte stellt fest, dass er Wollheim gar nicht ohne Weiteres zu Rakers Taten befragen kann: Er hat nämlich praktisch keine Ahnung, was »Auschwitz« überhaupt bedeutet. Denn abgesehen von den Überlebenden (und natürlich den Tätern) weiß in Deutschland kaum jemand, wie genau die SS ihre Vernichtungslager organisierte, wie der Völkermord im Detail ablief.

Fotos aus jener Zeit zeigen Norbert Wollheim mit Hut, zweireihigem Anzug und einer runden, rahmenlosen Brille. Er gilt als kontaktfreudig und temperamentvoll, gehört dem Direktorium des Zentralrats der Juden an. Nachdem Wollheim dem Ermittler erläutert hat, wie Auschwitz

funktionierte, schilderte er ihm Rakers' Rolle in diesem System. Als sogenannter Rapportführer war dieser unter anderem für die Bestrafung von Häftlingen zuständig. Im Verlauf des Gesprächs wird immer deutlicher, dass die beiden Männer grundverschiedene Auffassungen des Begriffs Verbrechen haben: In über zwei Jahren in Auschwitz ist Wollheim Rakers immer wieder begegnet, hat ein Gefühl für die Abläufe im Lager entwickelt. Hat unzählige Male mit-erlebt, dass Häftlinge in Rakers Zuständigkeitsbereich, die an einem Tag lebten, am nächsten Tag tot waren. Für Wollheim besteht kein Zweifel: Rakers ist ein vielfacher Mörder.

Der westdeutschen Justiz aber genügen generelle Aussagen über Schuld und Täterschaft nicht. Zwar könnte sie ein Gesetz des Alliierten Kontrollrats anwenden, mit dem sich Verbrechen gegen die Menschlichkeit im Allgemeinen ahnden ließen. Aber sie wendet lieber das traditionelle Strafrecht an, das fordert, Einzelpersonen Einzeltaten nachzuweisen: Datum und Uhrzeit, genauer Ort und Verlauf sowie der eindeutige Nachweis, dass die angeklagte Person die Tat eigenhändig begangen hat.

In insgesamt drei Vernehmungen bemüht Wollheim sich, den Anforderungen der Justiz zu genügen, berichtet etwa von einem Transport mehrerer Tausend Menschen, in dessen Verlauf er Rakers beobachtete, wie dieser Dutzende Häftlinge willkürlich erschoss. In die Anklageschrift, die die Ermittler schließlich formulieren, fließen die Aussagen 30 weiterer Überlebender ein.

Im Juli 1952 beginnt am Landgericht Osnabrück der Prozess gegen Rakers. Die Beweislast liegt allein bei den Zeugen. Akten, Aufzeichnungen, gar Fotos oder Filmaufnahmen haben die Nationalsozialisten vor Kriegsende vernichtet. Die Anforderung des deutschen Strafrechts, Verbrechen lückenlos und möglichst detailliert nachzuweisen, führt dazu, dass die Richter die Aussagen vieler Überlebender nicht berücksichtigen: weil sie angeblich zu unkonkret oder zu unsicher berichten, sich in Details täuschen oder zu stark emotional betroffen wirken. Eine gesamte Aussage etwa berücksichtigen sie nicht, weil der Zeuge die Entfernung, aus der er Rakers dabei beobachtete, wie dieser einen Häftling hinrichtete, falsch schätzte. Auch Norbert Wollheims Aussagen verwerfen die Richter — unter anderem, weil Wollheim zum Zeitpunkt der von ihm geschilderten Ereignisse zu schwach gewesen sein müsse, um sich korrekt zu erinnern.



Am 10. Februar 1953 kommen die Richter zu einem Ergebnis: Sie verurteilen Rakers zu lebenslanger Haft. Allerdings nicht, weil er für die Organisation millionenfachen Mords mitverantwortlich war. Sondern wegen exakt zwei Straftaten, nämlich eines versuchten und eines vollendeten Mords, sowie der fünffachen Beihilfe zum Mord.

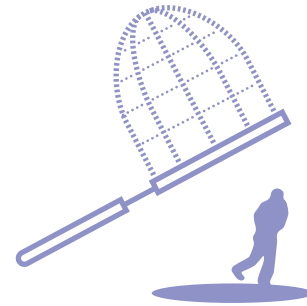
## II. Die 1960er Jahre: Misstrauen

1959 beauftragt der hessische Generalstaatsanwalt Fritz Bauer, ein aus dem Exil zurückgekehrter Jude, zwei junge Staatsanwälte, das Ermittlungsverfahren für einen neuartigen Prozess zu leiten. Bauer will, dass die Verbrechen von Auschwitz systematisch – statt wie bisher sporadisch – aufgearbeitet werden. Über mehrere Jahre hinweg tragen die beiden Material gegen 22 SS- und Gestapo-Männer zusammen, vom Adjutanten des Lagerkommandanten bis zum niederrangigen Arrestaufseher.

Der sogenannte erste Frankfurter Auschwitz-Prozess, der im Dezember 1963 beginnt, wird eines der größten Verfahren der westdeutschen Justiz gegen die Täter des Nationalsozialismus sein – und anders als die meisten Prozesse zuvor weckt er öffentliches Interesse. Um allen Beteiligten, Journalisten und Zuschauern Platz zu bieten, verlegt das Gericht die Verhandlungen in das neu errichtete Haus Gallus, einen nüchternen Nachkriegsbau. Auch in diesem Prozess ist das Gericht, um über die Schuld der Angeklagten zu befinden, vor allem auf Aussagen ehemaliger Häftlinge angewiesen. 360 Zeuginnen und Zeugen hören die Richter im Verlauf des Prozesses an. Einer von ihnen ist der polnische Medizinprofessor Władysław Fejkiel. Im August 1940 kam er nach Auschwitz, wo er als Häftlingsarzt eingesetzt wurde. Nun sagt Fejkiel, ein ernster Herr Anfang 50 mit Halbglatze, gegen Josef Klehr aus, einen sogenannten SS-Sanitätsdienstgrad, der ebenfalls im Häftlingskrankenbau arbeitete. Klehr wird unter anderem vorgeworfen, Zehntausende Häftlinge durch Injektionen der Chemikalie Phenol in den Herzmuskel ermordet zu haben.

Erneut zeigt die Justiz, dass ihr das bloße Mitwirken an Verbrechen gegen die Menschlichkeit nicht genügt. »Haben Sie einmal gesehen, dass Klehr eine Injektion selbst gegeben hat?«, fragt der Vorsitzende Richter.

»Das war normal, dass er es tut, weil man sah, er ging ja rein und so«, antwortet Fejkiel. »Aber ich war ja nicht drin. Ich hatte auch keine Lust, es hatte ja keinen Sinn, dem zuzugucken. Wir wussten, was sich dort abspielte.«



## FLÜCHTIGE TÄTER

Auch außerhalb Deutschlands landeten NS-Täter vor Gericht. Am bekanntesten dürfte Israels Prozess gegen den »Schreibtischtäter« Adolf Eichmann sein. Der SS-Obersturmbannführer galt als einer der führenden Köpfe bei der Organisation des industriellen Massenmords. Dem Prozess vorausgegangen war eine spektakuläre Entführungsaktion des israelischen Auslandsgeheimdienstes Mossad. Eichmann, der sich nach dem Krieg nach Argentinien abgesetzt hatte, wurde 1960 in Buenos Aires gefasst. Anfang 2011 wurde bekannt, dass der westdeutsche Auslandsgeheimdienst – der heutige BND – bereits 1952 Kenntnis vom Aufenthaltsort Eichmanns hatte.



Der Richter reagiert gereizt. Er bohrt, will hören, dass Fejkiel persönlich beobachtet hat, wie Klehr die tödlichen Spritzen setzte.

»Hohes Gericht, ich bitte Sie zu beachten«, entgegnet Fejkiel, »wenn ein Häftling geführt wird in einen Raum, wo sich nur Klehr befindet und danach wird die Leiche rausgebracht, dann ist doch klar, wer getötet hat.«

Der Richter wendet ein, im Raum hätten sich zwei weitere Häftlinge befunden und suggeriert, sie könnten die Spritzen gesetzt haben. Fejkiel beteuert, die machtlosen Häftlinge, die er persönlich kannte, hätten unmöglich die Täter sein können. Der Richter aber verlangt weiter nach einem Beweis. Fejkiel, der schlicht behaupten könnte, er habe Klehr sehr wohl beim Morden beobachtet, bleibt ehrlich.

Der Dialog zwischen den beiden ist exemplarisch für den Ansatz auch dieses Gerichts, nur lückenlos dokumentierte Einzeltaten als tatsächlich geschehene Verbrechen anzuerkennen. Dabei verdächtigen die Juristen Zeugen immer wieder mehr oder weniger offen, Angaben zu erfinden. Die Aussage einer amerikanischen Jüdin gegen einen SS-Arzt etwa würdigen sie als »phantastisch« herab, werfen der Frau »Hysterie« und »Exaltiertheit« vor.

Im August 1965 verkündet das Gericht seine Entscheidung: Josef Klehr verurteilt es zu lebenslanger Haft wegen Mordes in mindestens 475 Fällen: eine – wenn auch zaghafte – Annäherung an die tatsächliche Dimension seiner Schuld (die Aussagen Fejkiels tragen zu diesem Urteil nicht bei; sie liefern in den Augen des Gerichts keinen Beweis für eine Mordtat). Auch fünf weitere Angeklagte verurteilt es zu lebenslanger Haft. Drei SS-Männer spricht es aus Mangel an Beweisen frei. Über die übrigen, darunter die höchstrangigen Angeklagten, verhängt es zeitlich begrenzte Zuchthausstrafen – sie seien keine Überzeugungstäter gewesen, sondern hätten lediglich Befehle ausgeführt.

Justizhistorisch gilt der Prozess als Wendepunkt in der Aufarbeitung des Nationalsozialismus, weil das Gericht offenlegte, wie das System Auschwitz überhaupt funktionierte – nicht aber, weil es die Täter endlich gerecht bestraft hätte.

### III. Die 1970er Jahre: Justizverweigerung

Ab Dezember 1973 ermittelt das Landgericht Frankfurt gegen zwei SS-Angehörige, die in Auschwitz Dienst getan haben. Einer von ihnen ist der ehemalige Oberscharführer

Willi Sawatzki. Die Staatsanwaltschaft wirft Sawatzki unter anderem vor, an der Rampe des Bahnsteigs im Lagerteil Birkenau darüber entschieden zu haben, welche eintreffenden Häftlinge unmittelbar in die Gaskammern geführt wurden. Zudem soll Sawatzki sich daran beteiligt haben, im Frühjahr 1944 Hunderte jüdische Kinder lebendig in Verbrennungsgruben zu treiben.

Einer der Überlebenden, die Sawatzkis Taten bezeugen sollen, ist Arie Fuks: Er hat bereits neunmal vor deutschen Juristen ausgesagt, unter anderem im ersten Frankfurter Auschwitz-Prozess. In Birkenau musste er als Zwangsarbeiter eines sogenannten Aufräumungskommandos die Habe ermordeter Häftlinge sortieren. Fuks lebt inzwischen in Israel, leidet an Herzproblemen und Depressionen. Er sieht sich nicht in der Lage, für eine erneute Befragung anzureisen. Fuks' Absage ist nicht die Einzige: Viele ausgewanderte Überlebende sind alt oder krank – oder schlicht nicht zu einer beschwerlichen Reise bereit, um einer Justiz zu assistieren, die nicht einmal das Ausmaß der Schuld ihrer einstigen Peiniger anerkennt.

Das Gericht nimmt Fuks' bisherige Aussagen dennoch zur Kenntnis. »Wenn Sawatzki behauptet, er sei lediglich auf die Rampe gekommen, um aus dem Gepäck der ankommenden Häftlinge Lebensmittel herauszusuchen, so ist das unwahr«, hat Fuks etwa 1966 zu Protokoll gegeben. »Auf der Rampe durfte niemals jemand aus dem Gepäck etwas herausnehmen.«

An dem Bahnsteig, so Fuks' Aussage, habe Sawatzki Todesurteile verhängt, indem er Neuankömmlinge persönlich in zwei Reihen aufteilte: Wer links stand, wurde vergast. Von demselben Bahnsteig aus, sagte Fuks bei einer weiteren Vernehmung aus, habe er mithelfen müssen, als SS-Männer die 400 Kinder in die Feuergrube zwangen. Fuks habe mit eigenen Augen gesehen, dass Sawatzki dabei gewesen sei.

Der Prozess dauert mehr als zwei Jahre, 130 Zeugen sagen gegen zwei Angeklagte aus. Doch für jeden einzelnen von ihnen findet das Gericht Gründe, warum ihre jeweilige Aussage nicht verlässlich sein könne. Es unterstellt, die Befragten könnten sich nach mehreren Jahrzehnten nicht mehr korrekt erinnern. Weichen die Aussagen verschiedener Überlebender zum gleichen Thema voneinander ab, schließt das Gericht daraus, diese Zeugen könnten generell keine zuverlässigen Angaben machen. Arie Fuks etwa

hat Sawatzki als brutalen Schläger beschrieben, andere als eher ruhig. Das Gericht erwägt nicht einmal, dass der Angeklagte womöglich nicht immer in der Stimmung für Grausamkeit war. Stattdessen leitet es aus dieser und weiteren kleinen Unstimmigkeiten in Fuks' über sechs Jahre hinweg protokollierten Aussagen ab, ihm sei generell nicht zu vertrauen. Stimmen die Aussagen mehrerer Zeugen dagegen präzise überein, verdächtigen die Richter sie, sich abgeprochen, also die Wahrheit gebeugt zu haben.

Zum Entsetzen der Überlebenden spricht das Gericht Sawatzki am 26. Februar 1976 frei: aus Mangel an Beweisen. Die Tendenz, das systematische Morden von Auschwitz als Reihung gewöhnlicher Straftaten zu behandeln, hat sich ins Groteske gesteigert – und das ist kein Einzelfall: Wegen der unerfüllbaren Anforderungen an die Qualität von Zeugenaussagen enden viele weitere Prozesse mit Freisprüchen. Mitte der 1980er Jahre stellen die Gerichte die Verfolgung nationalsozialistischer Verbrechen für lange Zeit fast vollständig ein.

66

#### IV. Epilog

Warum die Justiz sich in den 1970er Jahren beinahe demonstrativ weigerte, die Täter von Auschwitz zu bestrafen, ist nicht eindeutig geklärt. Dass die Richter mit den Angeklagten sympathisierten oder daran zweifelten, dass in Auschwitz über eine Million Menschen systematisch ermordet wurden, gilt als unwahrscheinlich. Die Historikerin Katharina Stengel, die die Prozesse erforscht hat, sieht eine »Mischung aus professioneller Sorgfalt, Überdruß und Ignoranz« am Werk: Die Juristen, so Stengel, hielten die Fortführung der Prozesse für unsinnig und wollten schlicht »nicht weiter mit diesen Dingen behelligt werden.«

Die Deutung, dass sich, wer als Angehöriger der SS oder als deren Gehilfe in Auschwitz war, mindestens durch stillschweigendes Dulden mitschuldig gemacht hat, erwog die Justiz erst in den 2000er Jahren, als sie erneut begann, Täter anzuklagen – wohl auch, weil die Deutschen inzwischen ein weitverbreitetes Bewusstsein für die Ungeheuerlichkeit des Holocaust entwickelt hatten. Viele der Verantwortlichen, die auf höherer Befehlsebene gewirkt hatten, waren inzwischen tot, verurteilt oder freigesprochen; das Hilfspersonal rückte in den Blick der Justiz, etwa Wachmänner oder Sekretärinnen. Jetzt genügte es, beim Betrieb eines Lagers mitgeholfen zu haben, um wegen Bei-

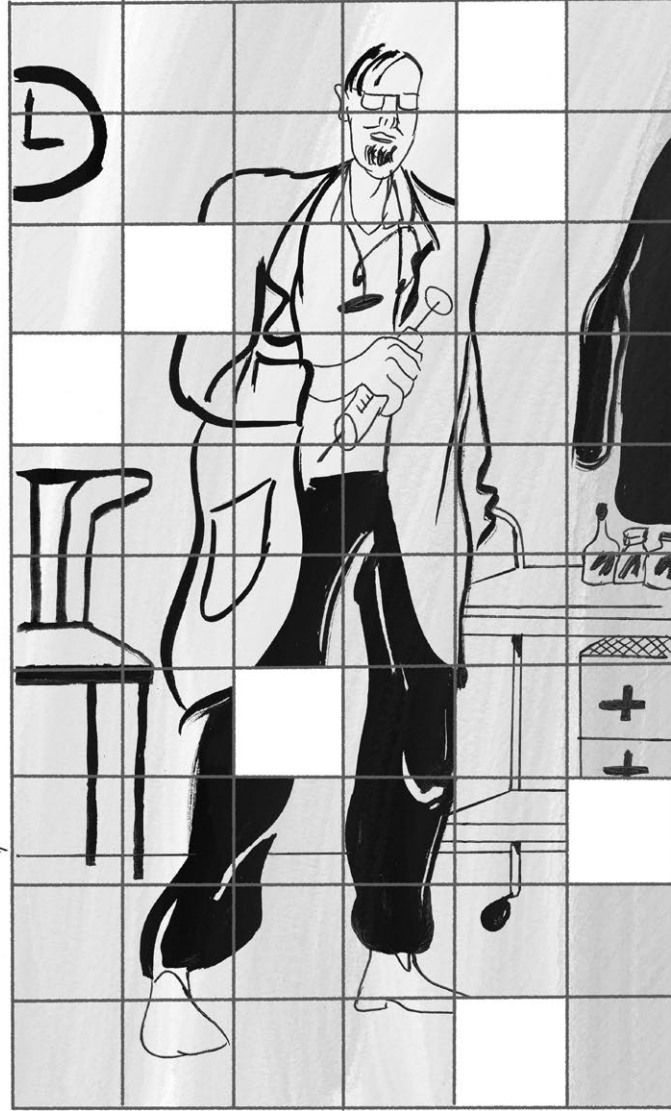
hilfe zum Mord verurteilt zu werden. Und diese bloße Anwesenheit wiesen die Staatsanwaltschaften zumeist durch schriftliche Dokumente wie Dienstaussweise oder Personalakten der SS nach.

Doch auch jetzt reisten Zeuginnen und Zeugen an, etwa aus Israel, den USA oder Kanada. Oft traten sie zugleich als Nebenkläger auf. Die Juristen begegneten ihnen mit mehr Aufmerksamkeit und Respekt als in früheren Prozessen, sie erhielten größeren Raum, ihre Geschichten zu erzählen. Auch mussten sie nun nicht mehr minutiös die Taten der Angeklagten beschreiben. Stattdessen sollten sie von dem Leid berichten, dass sie in den Lagern erfahren hatten, sollten bezeugen, dass es all das wirklich gegeben hat. Dass sie dabei waren. Dass die Erfahrung des Lebens im Konzentrationslager Folgen für ihr weiteres Leben hatte. Paradoxerweise wurde den Zeugen nun, da das juristische Gewicht ihrer Aussagen geringer war denn je, viel mehr Raum gewährt als in den großen Prozessen der Nachkriegsjahrzehnte.

Die Bequemlichkeit aber, in der sich die deutsche Justiz – und mit ihr große Teile der Gesellschaft – in den Jahrzehnten zuvor eingerichtet hatte, beschreibt wohl ein Buchtitel des Publizisten Ralph Giordano von 1987 am besten. Giordano beklagte, wie die Bundesrepublik »den großen Frieden mit den Tätern« schloss. Der Titel des Buchs: »Die zweite Schuld«.

#### HINTERGRUND

Der Text basiert auf dem Buch »Die Überlebenden vor Gericht« von Katharina Stengel, die nach ihrer Zeit am Leibniz-Institut für Jüdische Geschichte und Kultur – Simon Dubnow heute am Frankfurter Fritz Bauer Institut forscht. Für unser Onlinemagazin haben wir mit Stengel über ihre Forschung und deren Ergebnisse gesprochen. Und darüber, ob sie bei der Recherche manchmal Wut empfand. Das Interview finden Sie unter: <https://t1p.de/75xc4>



# Uncle Abudis Truhe



68

**Die Anthropologin Jasmin Mahazi untersucht, wie Wissen mündlich überliefert wird — etwa durch Rhythmus und Klang. Für ihre Forschung kehrt sie immer wieder zurück an den Ort ihrer Kindheit, wo Uncle Abudi lebte.**

Abudi Bwana Msuo war eigentlich der Cousin meines Vaters, aber wir nannten ihn alle »Uncle Abudi«. Die Wörter *mjomba* oder *ami*, auf Swahili so viel wie »Bruder der Mutter« oder »Bruder des Vaters«, nutzten wir hingegen nie. Ich fragte mich immer, warum das so war.

Uncle Abudi stand für mich für die »gute alte Zeit« der Bajuni, der größten swahilisprachigen Bevölkerungsgruppe an der Küste Ostafrikas. Er war Bäcker und hatte wenig mit der europäischen Kultur und Sprache am Hut, die in Kenia durch die Kolonialisierung und den Tourismus schon damals weitverbreitet waren. Wenn ich an den wohligen Geruch des frisch gebackenen Brotes denke, der aus seinem Lehmofen auf die Hauptstraße der kleinen Inselstadt strömte, stimmt mich das noch immer nostalgisch.

Es erweckt in mir den Schmerz über den Verlust all der intensiven Düfte der Insel Lamu, auf der ich meine Kindheit verbrachte: Ich erinnere mich an den Geruch der Betelblätter, die in den Ruinen zwischen den noch bewohnten 600 Jahre alten Korallensteinhäusern der Altstadt wuchsen; an den Geruch von unzähligen von Mangrovenpfählen, die – von ihrer Rinde befreit – entlang des Hafens aufeinander gestapelt lagen; an den Duft der Wildrosen und gelben Ylang-Ylang-Blüten, die die Nacht mit ihrem Duft umhüllten.

All dies hat sich lange verflüchtigt, ist für immer verschwunden.

Uncle Abudi war ein großer, schlanker Mann, der uns regelmäßig besuchte. Während er auf einem der Klappstühle meiner Mutter saß, betrachtete ich seine schmalen Hände und fragte mich, ob er jemals selbst von dem Brot aß, das er für andere backte. Ich erinnere mich, wie mein Vater sich darüber beschwerte, dass Uncle Abudi mehr Brot verschenke, als er verkaufe, um seinen Lebensunterhalt zu verdienen.

Uncle Abudi war aber nicht nur Bäcker. Er war auch ein islamischer Heiler, der sein Wissen über die Sterne und seine Tinkturen aus Kräutern und Sträuchern nutzte, um kranken Menschen zu helfen. Eine weitere Voraussetzung für den Beruf des islamischen Heilers ist ein tiefes Wissen über den Koran. Jede Koranstunde, in der der heilige Text vokalisiert wird, ist eine rituelle Praxis, die das Gedächtnis in den ausführenden Körper einschreibt, der notwendigerweise zu einem Ort des Wissens – einem kulturellen Korpus – wird. Uncle Abudi hatte eine ganzheitliche Ausbil-



dung genossen, die Sinne, Vorstellungskraft und spirituelle Reflexion miteinander verknüpfte.

Normalerweise kam er freitags zu uns nach Hause, um der muslimischen Pflicht nachzukommen, Verwandte und Bekannte zu besuchen. Als er meinte, ich sei alt genug, begann er, mir bei diesen Besuchen die Geschichten unserer Vorfahren und Propheten zu erzählen. Bald konnte ich meinen »Onkel« jedoch nur noch in den Sommerferien besuchen, da meine Familie nach Berlin gezogen war. In meinem Kopf verband ich seine Geschichten über die Überfahrt unserer Vorfahren von den 60 Städten der arabischen Halbinsel zum afrikanischen Kontinent mit der biblischen Erzählung von Moses, der das Rote Meer durchquerte; ich hatte sie in der Sonntagsschule gehört, in die mich meine Mutter in Deutschland schickte.

Jahre später, während meines Magisterstudiums, plante ich meine erste Forschungsreise nach Ostafrika. Und Uncle Abudi stand ganz oben auf meiner Liste möglicher Gesprächspartner. In meiner Kindheit hatte er mir zum Beispiel vom *Shujaha* erzählt, dem Herrscher, Dichter und Sänger Fumo Liyongo, der in Ostafrika bis heute wie ein Held verehrt wird. Uncle Abudi dagegen schien wenig von ihm gehalten zu haben. »Fumo Liyongo mrongo!«, hatte er einmal gesagt. Ein mehrdeutiger Satz, der bedeuten könnte, dass Fumo Liyongo unaufrichtig war oder seine Geschichte gar erlogen sein könnte. Ich wollte erfahren, wie



Uncle Abudi zu dieser Einschätzung kam, doch es war zu spät: Er verließ unsere Welt eine Woche vor meiner Ankunft auf Lamu. Sein Tod war, als sei eine ganze Bibliothek niedergebrannt.

Ich weiß nicht mehr, wer mir zuerst von der Truhe erzählte, in der Uncle Abudi seine Schriften und die anderer Gelehrter aufbewahrte. Die meisten davon waren religiöse und astrologische Abhandlungen, die mit seinem Heilberuf verbunden waren. Nach der Trauerzeit fragte ich meine zwei Tanten, die eigentlich Uncle Abudis Nichten waren, mit denen er gelebt hatte, nach der Truhe. Eine von ihnen reagierte empört. Hatte ich zu viel gewollt? Die andere schien meinen Wunsch, Uncle Abudis Vermächtnis betrachten und begreifen zu wollen, zu verstehen. Sie führte mich in einen abgedunkelten Raum und sagte: »Da ist sie, wenn du sie dir ansehen möchtest.« Aber ich verzichtete: Ich wollte die Gefühle der anderen Tante nicht weiter verletzen.

»

## Als ich alt genug war, erzählte er mir die Geschichten unserer Vorfahren.

« JASMIN MAHAZI

Einige Jahre später sprach im Traum eine sanfte und vertraute Stimme zu mir und forderte mich auf, in die Truhe zu schauen. Aber ich traute mich nicht – auch im Traum nicht. Ich schlug die Augen auf, nur um mich in dem kleinen Zimmer meines Studentenwohnheims in Bayreuth, weit entfernt von der Küste Kenias, wiederzufinden.

Was aus Uncle Abudis Truhe geworden ist, konnte ich nicht mehr herausfinden.

Dinge sind weit mehr als ihre physischen Eigenschaften. Was ein Ding ist, drückt sich auch durch Beziehungen zu anderen Dingen und Menschen aus. Und durch Erinnerungen. Welche Bedeutung hatte die Truhe für ihren Besitzer? Was bedeutete sie für diejenigen, die sie geerbt haben? Und was bedeutete die Truhe für mich, damals, als ich nach ihr fragte?

Uncle Abudi bewahrte seine wertvollen Manuskripte in seiner Truhe auf. Diese schriftlichen Artefakte waren ihrerseits ein Verwahrungsort für das praktische, performative, mündliche Wissen, das für seine Rolle als Heiler unerlässlich war. Wie können also Schriftlichkeit und Mündlichkeit Gegensätze bilden? Ein schriftlicher Text ist immer mit seiner mündlichen Form verwoben. Darüber hinaus vermitteln greifbare und nicht-greifbare Texte unterschiedliche Vorstellungen von Wissen und Verständnis über das Leben in der Welt. Der geschriebene Text ist offensichtlich, weil er die Zeit überdauert; aber ein mündlicher Text bleibt flüchtig und bewahrt emotionales und spirituelles Wissen durch Klang und Rhythmus in unserem Gedächtnis.



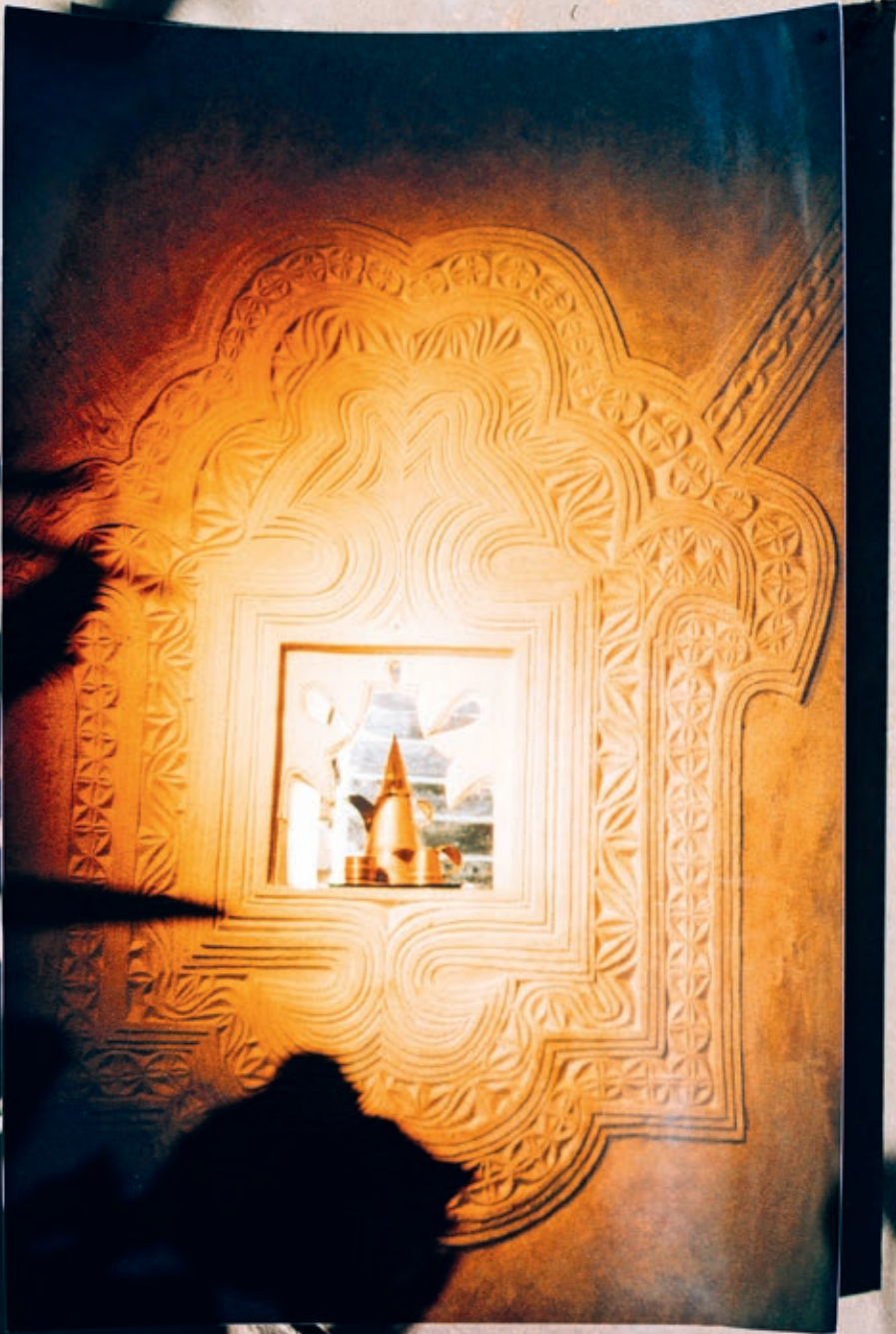
Darüber hinaus sind mündlich übermittelte und verkörperte Formen von Wissen, bei denen der Inhalt eines mündlichen Textes eng mit seiner Form verwoben ist, auch eine Möglichkeit, es vor Fälschung und sogenanntem Epistemizid zu schützen – der »Ermordung von Wissen«. Epistemizid beinhaltet auch die Vernichtung von Lebensweisen, von historischen Vergangenheiten und möglicher Zukunft. Dieser Wissensmord wurde von der imperialen Ordnung und der kolonialen Bildung verübt. Methoden, die die Besonderheiten von vorwiegend mündlichen Überlieferungen ergründen können, wurden hierbei unterdrückt. So etwa die matrizenrische Perspektive, die keine schriftlichen Überlieferungen, Dokumente oder Einzelautorenschaften verehrt, sondern

Sinnlichkeit, Anonymität und Spiritualität anerkennt und das gesprochene Wort der Vorfahren als authentisches Wissen schätzt.

Unter der imperialen Ordnung wurden die Mündlichkeit und die mündliche Tradition verunglimpft und zum Schweigen gebracht. Und so beraubte die koloniale Form der Bildung viele Völker ihres Gedächtnisses, ihres Erfahrungswissens, das eben mündlich überliefert wurde.

Ein altes, an der Swahili-Küste beliebtes Lied singt genau von diesen Erlebnissen, die auch meine Erinnerung und Forschung prägen. Inhaltlich verweist das Lied auf Düfte. Auf den Verlust von Kunstfertigkeiten, womit es auf die Vergänglichkeit und Ungreifbarkeit der Dinge anspielt.





## Meine Truhe

*Meine Truhe aus der guten alten Zeit, \* die ohne Verschluss.  
Sie hat ein Schloss von innen \* und dies ist ihr Schlüssel.  
Wer hat sie unerlaubt geöffnet? \* Derjenige hat die Füße  
meiner Truhe zerbrochen.*

*Eine Truhe, die in der Vergangenheit geschaffen wurde \* und  
nicht eine aus moderner Produktion. \*  
Das Kunsthandwerk dieser besonderen Menschen, \* nicht das  
der Banyans von Mombasa. \*  
Mach kein Aufheben. \* Ich habe viel Geld dafür bezahlt.*

*Refrain:*

*Ich bin heute mit meiner Taube hier.  
Ich werde niemals einen Topf mit Essen kochen und es meinen  
Schwiegereitern verweigern, davon zu essen.  
Ich gehe nicht nach Arabien, ich bin heute bei meiner Taube.*

*Meine Truhe aus Kampferholz \* ist stabil und fest.  
Mit dem unverwechselbaren Duft der Fuu-Frucht, \* wann immer  
sie geöffnet wird.  
Sie verströmt den Geruch von Nelken \* und den von Rosen, die  
nie in sie hineingelegt wurden.*

*Alle geschickten Handwerker der früheren Tage \* existieren  
heute nicht mehr. \*  
Selbst die, die übrig geblieben sind, sind nun gestorben, \*  
man sieht sie nicht mehr. \*  
Was übriggeblieben ist, ist wertlos. \* Ich habe solche Kunst-  
fertigkeit nicht wieder gesehen.*

JASMIN MAHAZI

ist Wissenschaftliche Mitarbeiterin  
am Leibniz-Zentrum Moderner Orient.  
Ihr Text stammt aus der Ausstellung  
»Verpasste Begegnungen: Geschichten  
aus dem Notizbuch des Forschenden«  
des ZMO. Alle Beiträge, auch den  
von Mahazi (inklusive des von ihrem  
Vater eingesungenen Lieds), finden  
Sie als Audios unter:  
<https://t1p.de/esw9y>

## Kann Vergessen heilsam sein?

Erinnern Sie sich noch an Ihre erste Trennung? An den Schmerz und möglicherweise das Gefühl, ihn nie hinter sich lassen zu können? Heute schmunzeln Sie vielleicht, wenn Sie zurückdenken. Die Erinnerung ist noch da, aber sie tut nicht mehr weh. Wir sagen, die Zeit heilt alle Wunden. Und das ist zugegebenermaßen eine beruhigende Vorstellung. Dahinter steckt die Idee, dass wir Menschen einen Umgang mit schwierigen Lebensereignissen finden, wenn Tage, Monate oder Jahre verstreichen. Irgendwann, so die Hoffnung, ist der Schmerz verflogen, vergessen sozusagen. Aber diese Vorstellung ist falsch. Dass sich Ihr Hals heute nicht mehr zuschnürt, wenn Sie an ein leidvolles Ereignis zurückdenken, liegt nicht primär an der Zeit, die verstrichen ist, sondern an anderen Erfahrungen, die Sie in der Zwischenzeit gemacht haben. Unser menschliches Gehirn filtert alles, was um uns herum passiert. In das Langzeitgedächtnis schaffen es nur Reize, die wir entweder oft wiederholen, wie Vokabeln. Oder Reize, die uns emotional bewegen, die eine hohe emotionale Prävalenz haben. Dann setzen sich diese Ereignisse in unserem Gehirn fest, sie bilden neue Verbindungen zwischen Nervenzellen und wir sind unserer Erinnerung zunächst einmal recht machtlos ausgeliefert. Grundsätzlich gilt: Je höher die emotionale Prävalenz, desto stabiler ist die Erinnerung. Das bedeutet leider auch: Je schmerzhafter ein Ereignis, also auch der Wunsch nach Heilung, ist, desto intensiver und präsenter bleibt die Erinnerung. Der Heilungsprozess funktioniert sowohl bei schweren traumatischen Erlebnissen als auch bei emotional bewegenden Ereignissen über aktive Arbeit, über eine Neuordnung der Verbindungen zwischen Nervenzellen, ein Prozess, der in der Wissenschaft »aktives Vergessen« genannt wird. Wenn Sie beim Gedanken an Ihre erste Trennung tatsächlich schmunzeln, dann haben Sie vermutlich aktiv vergessen: Vielleicht haben Sie weitere schmerzhaft Abschiede erlebt, aber auch gelernt, wie es sich anfühlt, mit einem Verlust umzugehen oder gar, dass ein Abschied auch guttun kann. Sie können aus einer bunten Mischung aus ähnlichen Erlebnissen wählen, mit der die alten Erlebnisse umgedeutet werden können. Wir Forschende nennen das Extinktionslernen: Erlebtes wird in einen neuen Kontext gesetzt und anhand von Gelerntem neu bewertet. Die Antwort auf die Eingangsfrage ist also, wie so oft in der Wissenschaft, ein eindeutiges »Ja, aber«: Vergessen kann heilen, aber dafür müssen wir auch etwas tun.



ALBRECHT STROH

ist Biophysiker und Biologe am Leibniz-Institut für Resilienzforschung und Professor am Institut für Pathophysiologie der Johannes Gutenberg-Universität Mainz.

# sehen

## 100 JAHRE PLANETARIUM

bis 28. Januar  
Deutsches Museum  
München

In klaren Nächten schmücken sie das Himmelszelt und lassen uns erahnen, dass es im Universum sehr viel mehr als nur unsere Erde gibt: die Sterne. Wunderbare Orte, um den leuchtenden Gestirnen von hier unten aus näherzukommen, sind Planetarien. Das weltweit erste Projektorplanetarium wurde der Öffentlichkeit im Oktober 1923 im Deutschen Museum in München vorgestellt. Heute, 100 Jahre später, gibt es in dem Leibniz-Forschungsmuseum anlässlich dieses Jubiläums eine Sonderausstellung. In ihrem Zentrum lädt unter anderem der legendäre Zeiss-Projektor »Modell I« auf eine zweifache Reise ein: in die Vergangenheit und zu den Sternen.



## FLORALIA: MERIAN – SCHULTZ – CRESPO

08. September bis  
03. Dezember  
Senckenberg Naturmuseum  
Frankfurt

## DINOSAURIER!

23. August bis 30. November  
Museum für Naturkunde  
Berlin

Fliegend, schwimmend und stampfend bevölkerten die Saurier mehr als 150 Millionen Jahre lang unseren Planeten. Obwohl die Riesenechsen vor 66 Millionen Jahren ausstarben, gibt es gut erhaltene Funde, die ihre Welt Herrschaft bezeugen. Einer davon: Tristan Otto. Das zwölf Meter lange und vier Meter hohe Originalskelett eines *Tyrannosaurus Rex* zählt zu den besterhaltenen Exemplaren seiner Art. Gemeinsam mit dem pflanzenfressenden *Plateosaurus* und vielen weiteren Arten aus allen drei Erdzeitaltern der Dinosaurierzeit ist T-Rex Tristan Otto bis Ende November im Leibniz-Institut für Evolutions- und Biodiversitätsforschung, dem Berliner Museum für Naturkunde, zu bewundern.

Beobachten, analysieren, skizzieren. Maria Sybilla Merian gilt als Pionierin der Insektenkunde. Die große Liebe zur Flora, die die Naturforscherin um 1700 pflegt, verbindet sie mit der Malerin Elisabeth Schultz und der Fotografin Ulrike Crespo. Über drei Jahrhunderte hinweg erforschten, zeichneten und fotografierten die drei Künstlerinnen das Reich der Pflanzen und schafften so Werke für die Ewigkeit. Das Senckenberg Naturmuseum in Frankfurt widmet ihnen dieser Tage ein wahres Blumenfest. Die Arbeiten der Frauen werden in einem völlig neuen Zusammenhang gezeigt und ermöglichen so einen besonderen Blick auf die Schnittstelle zwischen Kunst und Wissenschaft.



# klicken

Nach dem Heft ist vor dem Netz. Weitere Reportagen, Interviews und Portraits aus der Welt der Leibniz-Gemeinschaft gibt es in unserem Onlinemagazin!

Besuchen Sie uns auf:  
[www.leibniz-magazin.de](http://www.leibniz-magazin.de)

## Citizen Soldiers

SPÄTESTENS SEIT DEM UKRAINE-KRIEG SOLL SICH IN POLEN JEDE UND JEDER SELBST VERTEIDIGEN KÖNNEN. BEREITS SCHULKINDER LERNEN DEN UMGANG MIT DER WAFFE.

<https://t1p.de/ng2jf>

## Psychische Gesundheit, ein Menschenrecht

WAS TUN, WENN DIE ARBEIT ZUR BELASTUNGSPROBLE WIRD? EIN GESPRÄCH.

<https://t1p.de/zverk>

## Mikrokosmos

WENN PLANETEN, TELESKOPE UND RAUMFAHRER BRIEFMARKEN ZIEREN: WILLKOMMEN IN DER WELT DER ASTROPHILATELIE!

<https://t1p.de/fdbb3>

## Wettrüsten im Weltall

DER POLITIKWISSENSCHAFTLER NIKLAS SCHÖRNIG ÜBER DIE MILITARISIERUNG IN GROSSER HÖHE.

<https://t1p.de/hkuke>

## Alles unter einem Dach

DER BIOLOGE HENDRIK MONSEES ENTWICKELT AQUAPONIK-SYSTEME, IN DENEN FISCHE UND GEMÜSE GLEICHZEITIG WACHSEN.

<https://t1p.de/org95>

## Meine Tochter, das Rheuma und die Pandemie

EINES TAGES KONNTE DIE TOCHTER UNSERES AUTORS NICHT MAL MEHR LAUFRAD FAHREN. DIE DIAGNOSE: KINDERRHEUMA.

<https://t1p.de/zjxc9>

## Kopfgeldjagd

IN DER MATHEMATIK SIND AUF VIELE OFFENE PROBLEME PREISGELDER AUSGESETZT. ZUM URSPRUNG DER PRAXIS—UND WARUM SIE HEUTE IN DER KRITIK STEHT.

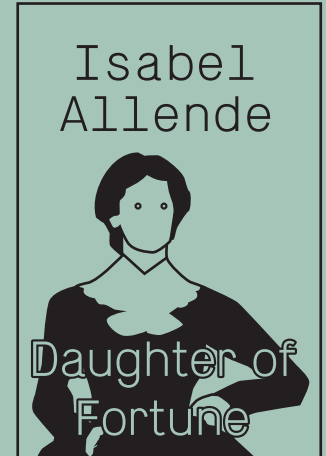
<https://t1p.de/xpns2>

## Wie können wir den Gender-Wealth-Gap schließen?

DIE ÖKONOMIN CHRISTINE LAUDENBACH UNTERSUCHT DIE WOHLSTANDSLÜCKE ZWISCHEN MÄNNERN UND FRAUEN.

<https://t1p.de/0zua9>

# lesen



1 Alexandra-Maria Klein und Julia Krohmer  
DAS WÄCHST IN DEINER STADT

2 Claudia Kemfert  
SCHOCKWELLEN. LETZTE CHANCE FÜR SICHERE  
ENERGIEN UND FRIEDEN

78

Täglich laufen wir an ihnen vorüber, ohne sie wahrzunehmen: an den Gräsern, Kräutlein und Moosen, die wortwörtlich direkt vor unserer Haustür gedeihen. Das Büchlein lädt ein, die Pflanzenblindheit zu überwinden und die zarten, für Stadtklima und Insekten so wichtigen Lebewesen endlich eines Blickes zu würdigen. Wie heißen sie, welchen Nutzen haben sie als Mikro-Ökosystem, welche Eigenschaften und Besonderheiten zeichnen sie aus? Alexandra-Maria Klein und Julia Krohmer, letztere ist Forschungskordinatorin bei der Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung, haben die richtige Menge an Informationen zusammengetragen. Ohne mit Details zu erschlagen, regen sie an, sich jede Pflanze genau anzuschauen, ihre Blätter und Blüten, ihre Form, Farbe und oft fragile Schönheit auf sich wirken zu lassen. Diese aufmerksame Betrachtung entspannt, schärft den Blick für das Unscheinbare — und ist lehrreich: Denn von den »Ritzenrebellen«, diesen Überlebenskünstlern am Straßenrand, in Bordsteinfugen und an Häuserwänden, kann man sich durchaus etwas abschauen im Umgang mit den Widrigkeiten des Alltags und in Sachen Resilienz.

JULIA UCSNAY

Den Moment des Erwachens kann Claudia Kemfert benennen: Mit dem Beginn des russischen Angriffs auf die Ukraine hätten auch die Letzten in Deutschland erkannt, dass Energie eine Waffe sein kann. Doch warum rollte die »Schockwelle« erst jetzt? In ihrem Buch zeigt die Energieökonomin vom DIW Berlin, dass es an frühen Warnungen aus Wirtschafts- und Energiewissenschaften (auch aus ihrem Leibniz-Institut) nicht gemangelt hat. Doch selbst nach Kriegsbeginn sei man, etwa in der Frage eines schnellen Energieembargos gegen Russland, lieber dem Rat der Wirtschaft gefolgt. Neben ihrer wütenden Abrechnung mit der deutschen Energie- und Klimapolitik beleuchtet Kemfert die Hintergründe. Wie kam es zur Abhängigkeit vom »lupenreinen Demokraten« Putin? Welche Rolle spielten Konzerne wie BASF und E.ON Ruhrgas dabei? Wie konnte Deutschland unter der Physikerin Angela Merkel Nachzügler in der Energiewende werden? Hoffnung macht Kemfert eine »quicklebendige Neue-Energien-Wirtschaft«, die sich allen Widerständen zum Trotz entwickelt habe — und Lösungen biete. Denn die Energiewende, so die Ökonomin, sei die Chance auf sichere Energien und Frieden.

DAVID SCHELP



Wir verlosen je drei Exemplare von »Welt der Technik«, »Schockwellen« und »Das wächst in deiner Stadt«. Nehmen Sie teil: [www.leibniz-magazin.de/verlosung](http://www.leibniz-magazin.de/verlosung)

1	2	3	4
A.-M. Klein und J. Krohmer	Claudia Kemfert	Wolfgang M. Heckl	Isabel Allende
DAS WÄCHST IN DEINER STADT	SCHOCKWELLEN	DIE WELT DER TECHNIK	DAUGHTER OF FORTUNE
140 Seiten	310 Seiten	686 Seiten	428 Seiten
Kosmos Verlag	Campus Verlag	C. H. BECK	Harper Collins

3 Wolfgang M. Heckl  
DIE WELT DER TECHNIK IN 100 OBJEKTEN

Mit mehr als zwei Kilo ist dieses vom Generaldirektor des Deutschen Museums herausgegebene Werk wahrlich kein Taschenbuch, sondern zeigt das Gewicht der Arbeit des Leibniz-Forschungsmuseums für die Technikgeschichte schon rein äußerlich. 100 der 122.000 Objekte der Sammlungen geben einen Überblick über die Spezies der Technosphäre, der vom Menschen geformten Umwelt. Ausgewählt haben sie die Kuratorinnen und Kuratoren sowie weitere Beschäftigte. Die vorgestellten Beispiele sind historisch bedeutsam, alltagsrelevant oder auch mal kurios und geheimnisvoll. Sie stammen aus fünf Jahrhunderten, von Früher Neuzeit über Aufklärung bis an die Schwelle der heutigen Zukunft. Einige Schankerl: das älteste Buch der Museumsbibliothek (»Poeticon astronomicum« von 1482), der erste künstliche Sprachapparat (1800), der Kernspaltungstisch von Hahn, Meitner und Straßmann (1938), eine Bosch-Küchenmaschine (1952), der Fischer-Dübel (1957) und der COVID-19-Impfstoff aus dem Jahr 2021.

CHRISTOPH HERBORT-VON LOEPER

4 WAS LESEN SIE, FRAU VAN DAM?  
»DAUGHTER OF FORTUNE von Isabel Allende!«

Isabel Allende ist eine wahre Geschichtenerzählerin. Sie schreibt oft über starke Frauen und verleiht ihnen vielschichtige Persönlichkeiten. In diesem Fall reist die Hauptfigur, Eliza Sommers, heimlich von Chile nach Kalifornien, um ihren Geliebten zu finden, der wegen des Goldrausches 1849 dorthin gegangen war. Dieser mutige Schritt erinnert mich an meinen eigenen Karriereweg: Im Jahr 1995 flog ich nach Riverside, Kalifornien, um meine erste Postdoc-Stelle anzutreten. Ich reiste alleine dorthin, nach einem nur halbständigen Telefoninterview, um mich dem Labor eines Professors anzuschließen, den ich persönlich nie getroffen hatte. Das Buch erzählt die Geschichten weiterer starker Frauen, die sich trotz der gesellschaftlichen Konventionen dieser Zeit, ihren eigenen Weg bahnten. Sie mussten stark und entschlossen sein, um ihrer Leidenschaft zu folgen und ihre Ziele zu erreichen. Auch heute, im 21. Jahrhundert, müssen viele Wissenschaftlerinnen und weibliche Führungskräfte genau das tun; viel mehr als unsere männlichen Kollegen. Dies macht das Buch nicht nur zu einer großartigen Geschichte zum Lesen, sondern auch zu einer persönlichen Inspiration, den »weniger bereisten Weg« weiterzugehen.

NICOLE VAN DAM, Direktorin des Leibniz-Instituts für Gemüse- und Zierpflanzenbau

# Forschen im Exil

**Nach Russlands Invasion mussten auch viele Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Ukraine verlassen. Doch viele forschen aus dem Ausland weiter. Auch Oksana Senatorova, die russische Kriegsverbrechen in der Ukraine untersucht.**

Text SARAH BIOLY Fotos TANJA KERNWEISS

Keine Stunde ist es her, dass in Oksana Senatorovas Straße geschossen wurde. Es ist der 25. Februar 2022. Die russische Armee hat Charkiw erreicht, die zweitgrößte Stadt in der Ukraine, kaum 35 Kilometer von der Grenze entfernt. Es ist der Moment, in dem Senatorova sich entscheidet: Sie muss fliehen.

80

Bei einer russischen Besetzung würde ihr politische Verfolgung drohen. Seit Russland 2014 die Krim annektiert hat, forscht Senatorova als Professorin für Völkerrecht zu russischen Kriegsverbrechen. Zudem leitet sie an der Universität in Charkiw das »Forschungszentrum für Übergangsgerechtigkeit«. Ihre Tochter, die bereits im Ausland ist, ruft sie immer wieder an, fleht: Sie möge die Stadt verlassen! Doch Charkiw ist Oksana Senatorovas Heimat. Das Haus, die Freunde, die Stadt – das ist ihr Leben. Also wartet sie ab. Jetzt, an diesem Morgen im Februar, weiß sie nicht, ob es nun schon zu spät ist. Sind sie bereits umzingelt? Haben sie noch eine Wahl? Mit ihren Eltern und ihrem Hund quetscht sie sich in ihr Auto und reiht sich ein in den Strom der Flüchtenden.

Seit Russland die Ukraine am 24. Februar 2022 überfallen hat, sind rund acht Millionen Menschen aus dem Land geflohen. Darunter viele Forschende. Ihre Universitäten liegen in Trümmern, viele Institute sind zerstört. Schnell greift die Sorge um sich, dass die Ukraine intellektuell ausbluten könnte. Doch das ist, mehr als ein Jahr nach der Invasion, nicht passiert. Stattdessen hat sich ein Netzwerk aus Intellektuellen gebildet, die für die Freiheit und die ukrainische Identität kämpfen, oft aus dem Ausland. Auch die Juristin Oksana Senatorova gehört dazu.

An einem Mittwoch Ende April öffnet Senatorova die Tür zu einer Zwei-Zimmer-Wohnung in Regensburg. Das Hemd steckt locker in der Jeans, ihr Haar wellt sich leicht. Die Wohnung, in die sie bittet, erinnert an ein Airbnb-Apartment: weiße Küchenfronten, kahle Wände, Flachbildfernseher. Kein Zuhause, eher eine vorübergehende Bleibe. Nur die kupferne Ibrik, mit der sie jetzt Kaffee brüht, passt nicht ganz in das Bild. Sie ist eines der wenigen Dinge, die sie aus ihrem Haus in Charkiw nach Deutschland mitgenommen hat. Eine Freundin hat sie ihr zum 56. Geburtstag geschenkt, den Senatorova knapp einen Monat vor der russischen Invasion feierte.

»Die Russen sollten nicht alles haben«, sagt sie und klingt dabei ein bisschen trotzig. Dann sagt sie: »Ich bin der deutschen Regierung und der EU wirklich dankbar, dass sie beschlossen haben, uns nicht den Status von Flüchtlingen zu geben. So konnten wir unsere Arbeit sofort wieder aufnehmen.« Von Deutschland aus will Senatorova etwas für ihre Heimat tun, für die Menschen dort. Sie will weiterarbeiten. Schon während der Flucht steht sie deshalb mit Cindy Wittke in Kontakt, einer langjährigen Kollegin, die am Leibniz-Institut für Ost- und Südosteuropaforschung, dem IOS, die politikwissenschaftliche Forschungsgruppe leitet. Seit die beiden sich 2015 auf einem Workshop zum Völkerrecht kennengelernt haben, stellt Senatorova für Wittke immer wieder Kontakte in die Ukraine her. Jetzt vermittelt Wittke ihr ein Forschungsstipendium, mit dem die Volkswagenstiftung insgesamt sieben geflüchtete ukrainische Wissenschaftlerinnen am IOS unterstützt. Im Juni 2022 zieht Senatorova nach Regensburg.





82

Unscheinbar reiht sich das Leibniz-Institut zwischen Altbauten ein. Nur ein Schild an der beige Fassade deutet darauf hin, dass hinter der schweren Tür und den alten Mauern auch daran geforscht wird, wie Zukunft gestaltet werden kann. In Oksana Senatorovas Fall heißt das: Wie sollen Verstöße gegen das humanitäre Völkerrecht in der Ukraine in Zukunft verfolgt werden? Regelmäßig bespricht sie sich mit Wittke, die ihr auch hilft, sich am Institut und in der neuen Stadt zurechtzufinden. Eine wichtige Stütze in einer Situation, in der Senatorova mit der Angst um Freunde, Verwandte und ihre Studierenden in der Ukraine leben muss. Ihr Bruder etwa ist immer noch im Land, erwartet gerade ein Baby.

Im Institut hängt Oksana Senatorova jetzt ihren Mantel an einen Garderobenständer. Ihre Schritte hallen durch den Raum, bevor sie sich an ihren Schreibtisch setzt. Darauf steht ein gerahmtes Foto, das sie mit ihrer Tochter am Tag der Unabhängigkeit der Ukraine zeigt. Die Frauen tragen gelbe Hosen und blaue Blusen. Heute ist Senatorova stolz darauf, Ukrainerin zu sein. Das war

nicht immer so. Als Kind schämt sie sich, wenn ihre Mutter in der Öffentlichkeit ukrainisch statt russisch spricht. Ukrainisch gilt damals als Sprache des »Pöbels«. Erst nach der Orangen Revolution von 2004 fühlt Senatorova sich als freie Ukrainerin. Damals geht sie mit Tausenden Menschen auf die Straße, protestiert gegen die Wahl des von Russland unterstützten Kandidaten Wiktor Janukowytsch. Sie hat Angst, ihren Job zu verlieren. Sie hat Angst vor der Polizei. Aber sie will nicht mehr in der eigenen Wohnung flüstern, wenn sie Kritik am Regime äußert. »Auch deshalb«, sagt sie heute mit Nachdruck in der Stimme, »ist dieser Krieg auch unser Kampf für die Freiheit, für unser Leben, für unser Sein.«

Für dieses »Sein« gibt Senatorova alles. Sie hält Vorlesungen für die Universität in Charkiw, jetzt via Zoom. Sie in Deutschland, ihre Studierenden zum Teil in Kellern und Bunkern. »Ich fühle mich schuldig«, sagt sie. »Ich lebe hier in einer sicheren Umgebung, während die Menschen vor Ort bombardiert werden.« Fast täglich schellt ihr Handy: eine Warnapp, die den nächsten russischen Bombenan-

griff ankündigt. Doch zwischen den Vorlesungen, Vorträgen und Diskussionen bleibt wenig Zeit zum Nachdenken. Nur einmal bricht Senatorova in Tränen aus. Sie ist noch nicht lange am Institut, als sie in den Nachrichten die Schule ihrer Kindheit in Trümmern sieht. Plötzlich ist ganz greifbar, wie der Krieg ihr altes Leben zerstört. Was ihr bleibt? Ihr Engagement für Gerechtigkeit. Sie forscht weiter zu russischen Kriegsverbrechen.

Jeden Tag werden in der Ukraine Zivilisten gequält, gefoltert und getötet. Kinder werden verschleppt und missbraucht. Über 71.000 russische Kriegsverbrechen haben ukrainische Staatsanwältinnen und Staatsanwälte laut der Regierung in Kiew bisher registriert. Deshalb forscht Senatorova zum Konzept der Übergangsjustiz, das auf vier Säulen beruht: Wahrheit, Strafgerichtsbarkeit, Wiedergutmachung und Garantie der Nichtwiederholung. Das Ziel: Mit Hilfe juristischer und nicht-juristischer Instrumente soll begangenes Unrecht nach dem Ende gewaltsamer Konflikte aufgearbeitet, anerkannt und geahndet werden. So soll auch das Vertrauen der Menschen in Schutz- und Ordnungsfunktion des Staates wiederhergestellt, Misstrauen zwischen gesellschaftlichen Gruppen überwunden und der Übergang zu einer friedlichen Gesellschaftsordnung ermöglicht werden.

Für eine gelungene Übergangsjustiz bedarf es in einem ersten Schritt Fakten: Verbrechen müssen dokumentiert und archiviert werden. Auf ihrem Laptop ruft Oksana Senatorova eine Webseite auf: »Project Sunflowers«, heißt sie. Ein Meer aus Sonnenblumen erstrahlt auf dem Bildschirm, darüber in weißen Buchstaben der Schriftzug: »Enabling Information, enabling Justice«. Im März 2022 hat Senatorova die Plattform mit polnischen und ukrainischen Juristen und Juristinnen initiiert. Ziel ist es, Daten zu sammeln, die später in Strafverfahren herangezogen werden können. So können sich beispielsweise Zeugen und Zeuginnen über die Webseite melden, deren Geschichten archiviert und bewahrt werden. Es ist ein erster Schritt.

Ein zweiter Schritt ist das Durchwühlen der Dokumente ukrainischer Behörden und Nichtregierungsorganisationen, in die sich Senatorova vertieft. In einem Sonderbericht für den Menschenrechtsbeauftragten der Ukraine trug sie so Informationen über Kriegsverbrechen zusammen. Es ist ein Wettlauf gegen die Zeit. In Russland gibt es nämlich zunehmend die Tendenz, solche Informationen



## UKRAINE - WISSEN

Sie ist das zweitgrößte Land Europas und Zuhause von mehr als 36 Millionen Menschen. Seit Jahrhunderten liegt die Ukraine im Spannungsfeld zwischen Ost und West und war immer wieder Kriegsschauplatz – auch weil das Land über weite Strecken keine naturräumlichen Grenzen aufweist. Jetzt herrscht wieder Krieg, und den meisten ist die Ukraine vor allem als Ziel des russischen Angriffs ein Begriff. Über die letzten echten Urwälder Europas, die das Land beherbergt, seine Nationalpflanze, die Sonnenblume, und die Sprach- und Religionsvielfalt ist hingegen wenig bekannt. Wissenslücken füllen zwei E-Learning-Kurse, die das Leibniz-Forschungsnetzwerk »Östliches Europa« unter Mitwirkung bildungswissenschaftlicher Leibniz-Institute entwickelt hat. Sie sind kostenlos zugänglich unter: [www.copernico.eu](http://www.copernico.eu)

# Was ihr bleibt? Ihr Engagement für Gerechtigkeit.



84

verschwinden zu lassen. Die Namen verschleppter Kinder etwa werden geändert, um so ihre Herkunft zu verschleiern.

Am Tag vor dem Treffen am IOS hält Oksana Senatorova einen Onlinevortrag über die Plattform. In ihrer Bildschirmkachel leuchtet ihre Bluse so gelb wie die Sonnenblumen auf der Webseite, während Senatorova über die Deportation von Ukrainern und Ukrainerinnen spricht. Sie zeigt den Zuschauenden ein Bild, das an ein Klassenfoto erinnert. 38 Kinder im Alter von acht bis 17 Jahren posieren vor einem Bus, auf dessen Fenster ein russisches Wort prangt, das soviel wie »Auftragsbus« bedeutet. Die Kinder wurden verschleppt, jetzt haben russische Familien die Möglichkeit, sie zu adoptieren. »Das Prinzip ist einfach«, erklärt Senatorova und ringt einen Augenblick mit der Fassung. »Du kannst dir eins aussuchen. Einfach kommen und ein Kind mitnehmen.« Am 30. Mai 2022 unterzeichnet Putin einen Beschluss, der es erleichtert, die russische Staatsbürgerschaft für ukrainische Kinder zu beantragen. Maria Lwowa-Belowa, die russische Beauftragte für

Kinderrechte, dankt dem russischen Präsidenten daraufhin öffentlich: Er habe ihr die Adoption eines Kindes aus Mariupol ermöglicht.

»Gehirnwäsche« nennt Senatorova das. Im Institut in Regensburg ergänzt sie: »Es kann auch als Völkermord eingestuft werden. Sie transformieren die Identität der Kinder – von Ukrainern hin zu Russen.« Der Internationale Strafgerichtshof hat aufgrund der Deportationen mittlerweile einen Haftbefehl gegen Putin und Lwowa-Belowa erlassen. Der Vorwurf: »Kriegsverbrechen«. Bei einer Festnahme müssten die beiden sich vor dem Gericht in Den Haag verantworten – ihre Ergreifung oder Auslieferung ist allerdings in weiter Ferne.

Trotzdem glaubt Senatorova, dass es eines Tages Gerechtigkeit geben wird. Dafür kämpft sie. Dafür beteiligt sie sich neben ihrer Forschung auch an den Diskussionen über ein Sondertribunal. Dafür schult sie in der Ukraine diejenigen, die ermitteln. Dafür arbeitet sie auch nach Feierabend weiter, gibt in ihrem Beruf 200 Prozent. Im Sommer geht Senatorova zurück in die Ukraine, nach Kiew. Sie werde fehlen, sagt Wittke. Ihre Präsenz, aber auch die Expertise und die Themen, die sie mitgebracht hätte.

In der Ukraine will Senatorova mit Eltern und Angehörigen deportierter Kinder sprechen, aber auch mit Waisenhäusern. Zudem wird sie als Rechts- und Politikberaterin für »Geneva Call« tätig sein. Die internationale Nichtregierungsorganisation geht mit bewaffneten Gruppen ins Gespräch und erklärt ihnen, wie sie humanitäre Grundsätze einhalten können – auch in Zeiten des Kriegs. Doch allem voran, sagt Senatorova, sei sie einfach glücklich, wieder in ihre Heimat zurückkehren zu können. Sie wird ihr Haus in Charkiw besuchen. Anders als viele andere Familien hatte sie Glück: Von einem Freund weiß sie, dass nur die Fenster zersplittert sind und Teile des Gartens verwüstet wurden. Einziehen will sie noch nicht. In Regensburg mischt sich Traurigkeit in ihre Stimme, als sie sagt: »Niemand weiß, was die nächsten Monate bringen werden.«





**Ottmar Edenhofer kämpft seit Jahrzehnten für den Klimaschutz — von Utopien hält er nicht viel. Portrait eines Nicht-Radikalen.**



# Ökonomie der Hoffnung

Jede Zeit hat ihre Figuren; Vertreter von Professionen, die normalerweise eher zurückgezogen unter ihresgleichen arbeiten, werden ins Bühnenlicht gezerrt. Bei der Finanzkrise, als sich alles um die Marktregulierung drehte, waren es die Betriebs- und Volkswirte, durch Corona rückten Virologen ins Zentrum der Aufmerksamkeit. Spätestens seit den Ereignissen um den Ukraine-Krieg, drängen Politik und Medien die Klima- und Energieökonom, doch bitte schnell Antworten zu finden: Wie kann eine grüne Wende gelingen? Und wie gestalten wir sie sozial gerecht?

»Wir haben keine Zeit mehr!«, rufen die einen — meist Aktivisten. »Mit der Zeit werden wir Lösungen finden«, beschwichtigen die anderen — meist Politiker. Wie beurteilt einer, der seit Jahren mittendrin ist, wie viel Zeit uns bleibt?

Ottmar Edenhofer ist einer der renommiertesten Klimaökonom, er zählt laut Clarivate Analytics zu den ein Prozent der am häufigsten zitierten Forscher. Bis 2015 war er Co-Vorsitzender der Arbeitsgruppe III des Weltklimarats, die sich mit der »Verminderung des Klimawandels« befasst und 2007 mit dem Friedensnobelpreis ausgezeichnet wurde. Seit mehr als 22 Jahren bemüht er sich um Aufmerksamkeit für die Klimakrise und zählt als Experte für CO<sub>2</sub>-Bepreisung zu den einflussreichsten Wissenschaftlern in der Klimapolitik Europas.

## 02. November 2022

Anruf beim Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung. Ja, Herr Edenhofer könne sich für ein Treffen ein Zeitfenster aus dem Terminkalender schneiden, 40 Minuten vielleicht. Eine Stunde? Schwierig, Herr Edenhofer sei gerade so gefragt. Aber möglich? Dann bitte in seinem Büro. Okay, und ein Vorgespräch via Telefon? Nein, dafür sei keine Zeit. Nur zehn Minuten? Nein. Fünf? Nein. Drei? Herr Edenhofer habe dafür wirklich keine Zeit, als Chefökonom und Co-Direktor

des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung sei er völlig ausgelastet mit Anfragen; der Winter naht, die Gaspreise steigen.

## 15. November, 11:00 Uhr

A31, das Hauptgebäude des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) – der berühmte Dreikuppel-Bau auf dem Telegrafenberg, dessen Umrisse zum Symbol des PIK geworden sind. Klopfen an einer dunklen Holztür. Ottmar Edenhofer ist noch in einer Konferenz. Zum Warten bitte in sein Büro.

## 11:03 Uhr

Zwei Schreibtische für die beiden wissenschaftlichen Direktoren, große Fensterfront auf der einen Seite, ein Regal mit Büchern auf der anderen. »Fuel Taxes And The Poor«, »Wirtschaftskrieg«, »Biological Extinction«, aber auch »Die Stille ist ein Geräusch« von Juli Zeh, und auf Leinwand gemalte Bilder, warme Farben, kaum Struktur.

## 11:10 Uhr

Die Tür schwingt auf, Ottmar Edenhofer betritt den Raum. Kurzer Händedruck, er setzt sich an den Schreibtisch, lehnt sich locker zurück und legt die Finger aneinander, sodass nur die Kuppen einander berühren. Wäre mehr Spannung in den Händen, sein Zeichen wäre eine nach oben gedrehte Merkel-Raute. »So«, sagt er, »über was wollen Sie sprechen?«

Der Nobelpreisträger und Klimamodelleur Klaus Hasselmann sagt: Er habe Vertrauen in die Menschheit, man werde rechtzeitig Lösungen für die Klimakrise finden. Aktivisten hingegen benennen sich selbst als »Letzte Generation«, treten in den Hungerstreik, verweigern ihre Abiturprüfungen, kleben sich auf Autobahnen fest. Wer hat denn nun Recht?

»Schauen Sie«, sagt Edenhofer, »ich verstehe, dass es den Leuten nicht schnell genug geht und ich verstehe die Empörung darüber, wie langsam das alles ist. Die Sorge, dass unsere politischen Systeme vielleicht gar nicht geeignet sind, die Situation zu bewältigen, lässt sich nicht wegdiskutieren.« Dann beginnt er, heute 61, von seiner Kindheit zu erzählen; von der ländlichen Region in Niederbayern, die noch immer seine Sprache färbt. Er beschreibt ein Dorf: Wie auf einer Urlaubskarte, ein kleiner Fluss plätscherte zwischen den Häusern und durch die Wiesen, im Sommer badeten die Kinder, die Eltern, eigentlich alle – niemand brauchte so etwas wie ein Freibad, der Fluss war kühl und frisch und klar. Bis zu diesem einen Sommer. Die genaue Jahreszahl weiß Edenhofer nicht mehr, aber in diesem Sommer ging niemand mehr schwimmen. Der Fluss trug Blut und die Kadaver von Hühnern, mal im Ganzen, mal nur Innereien oder abgeschlagene Körperteile. Eine Hühnerschlachtereierie hatte eröffnet und entließ ihre Abfälle ungeklärt in den Fluss. Die Nachbarn sahen es und verboten ihren Kindern das Baden. Der Gemeinderat sah es und diskutierte über die Situation. Geredet wurde viel über den Fluss und die Schlachtereierie, getan wurde wenig, eigentlich nichts. Sein Vater redete nicht einmal, sondern akzeptierte das alles, einfach so.

»Mir schien das so absurd, so ein Akt der Zerstörung«, sagt Edenhofer. Das wollte er nicht länger zulassen. Der niederbayerische Bub Edenhofer besorgte sich Linoleum und schnitt es in Rechtecke – Ausweise für einen Naturschutzverein. Er warb auf der Straße, in der Schule, bei seinen Klassenkameraden und Lehrern, er wollte so viele Mitglieder wie möglich gewinnen, um gegen die Hühnerschlachtereierie vorzugehen. Irgendwann, als die Gespräche über den Buben mit den Linoleumschnitten über den Schulhof hinausschwappten, nahm sein Vater sich der Sache an. So könne das nicht weitergehen. Es gehe um die Zukunft der Region. Aber auch um sie als Familie. Ottmar solle schleunigst damit aufhören, gegen die Hühnerschlachtereierie aufzubegehren – sie sei für die Bauern der Region eine Einkommensquelle. Wenn sein Sohn dagegen vorgehe, kämen die Leute nicht mehr ins Familiengeschäft zum Einkaufen.

In den 1970er Jahren klärte der Fluss wieder auf, die Schlachtereierie musste schließen. Die Ölpreiskrise hatte die kleine Fabrik zu heftig getroffen. »Es war nicht mein

Protest, der die Schlachtereierie gestoppt hat, es waren die Ölpreise«, sagt Edenhofer. Dann schweigt er kurz und zeigt das zufriedene Lächeln eines Lehrers.

Seine Lektion: Die politischen Institutionen sind zu schwerfällig, ein direkter und unkomplizierter Lösungsweg bringt auch nichts, weil er zum Scheitern verurteilt ist, am Ende ist es das System, das Veränderung schafft. Grundsätzlich klingt die Argumentation stimmig, Edenhofer ist Ökonom. Dem entgegen stehen Ansätze, die das bestehende System als solches in Frage stellen. Die Transformationsforscherin und Volkswirtin Maja Göpel etwa schreibt in ihrem Buch »Unsere Welt Neu Denken«: Die ökonomischen Ideen und Konzepte der letzten 250 Jahre seien nicht dazu geeignet, Antworten auf die Probleme unserer Zeit zu finden. Es brauche neue, nicht systemimmanente Denkansätze, in denen permanentes Wachstum als Problem erkannt wird.

Edenhofers Hände bilden wieder eine umgedrehte Merkel-Raute. »Wir leben in einem demokratischen Kapitalismus. Das bedeutet: Das Anliegen kann noch so richtig sein, man wird niemanden dafür gewinnen, wenn man die Lebensumstände der Leute ignoriert. Eine erfolgreiche Klimapolitik muss die kleinen und mittleren Einkommen mitdenken.« Edenhofer sagt, er sei kein Freund von Utopien.

### 11:16 Uhr

Während Edenhofer in seinem Büro erzählt, rauschen draußen die Nachrichten: Bundesjustizminister Marco Buschmann (FDP) kündigt an, juristische Möglichkeiten zu prüfen; Aktivisten der »Letzten Generation« haben Kartoffelbrei auf das Schutzglas vor einem Monet-Gemälde geworfen. Später am Tag wird die Berliner Innensenatorin Iris Spranger (SPD) fordern, Gesetze so zu ändern, dass Klimademonstranten länger als 48 Stunden in Gewahrsam genommen werden können. Bei Maischberger wird der bayerische Wissenschaftsminister Markus Blume (CSU) von verantwortungslosen »Klima-Radikalen« sprechen.

Von all dem weiß Edenhofer nichts, als er sagt: Ja, es gehe zu langsam, ja, alles sei zu schleppend, ja, es müsse viel schneller werden. »Aber apokalyptische Untergangsstimmung, die diese Proteste mitunter aufbauen, die halte ich für unbegründet.« Es sei nicht so, dass in den zurückliegenden Jahren nichts passiert sei. Im Gegenteil. Vor 22 Jahren habe er als Postdoc seinen ersten Vortrag zum Klimawandel gehalten, an der Industrie- und Handelskam-



»

**Mit dieser unglaublichen  
Langsamkeit werden  
wir das nicht rechtzeitig  
schaffen.**

« OTTMAR EDENHOFER



mer Nürnberg. »Die haben mich damals noch angeguckt, als wäre ich dort, um den Mord an meiner Großmutter zu beichten«, sagt Edenhofer. »Die haben mich gar nicht verstanden. Was ich gesagt habe, war viel zu weit weg von ihrer Lebensrealität. Das war absurd.« Mit Klimapolitik seien damals noch keine Karrieren möglich gewesen — »das war ein absolutes Randthema«, sagt er, »ein Add-on-Gedöns, weit weg von zentralen politischen Debatten.«

Heute versuchen sogar Spitzenpolitiker von FDP und Union, mit Klimathemen zu punkten — und verurteilen Aktivistinnen nur noch für die Art ihres Protests. »Extremereignisse wie Fluten und Überschwemmungen besitzen eine so große Dramatik, dass die Klimakrise längst ins Zentrum der Betrachtung gerückt ist«, sagt Edenhofer. Er erwähnt nicht das Ahrtal, vielleicht weil er als Wissenschaftler auf globaler Ebene denkt, aber er muss es im Kopf haben, wenn er von Fluten und Überschwemmungen spricht, schließlich war es auch ein Ökonom, der Nobelpreisträger Daniel Kahneman, der das Konzept von schnellem und langsamem Denken etablierte: Was entfernt in der Zukunft passiert, berührt uns wenig, was uns nahegeht, ist die Gegenwart.

Klimawandel ist spürbar geworden. Und so formt Klimapolitik inzwischen den Kern der G20-Treffen, die UN-Klimakonferenz wurde zum medial vielleicht am intensivsten begleiteten Showdown der Weltpolitik.

#### 11: 21 Uhr

Und doch: Es ist ein Showdown, bei dem der Menschheit die Zeit davonschmilzt. Bei einer Antrittsvorlesung Anfang November, die Uni Duisburg-Essen hatte Edenhofer die Mercator-Professur verliehen, wurde er von einer Frau aus dem Publikum gebeten, er, der auf so vielen Konferenzen gewesen sei, solle mal Hoffnung machen. Er antwortete, er könne — eben durch seine Erfahrung mit solchen Konferenzen — eher das Gegenteil. »Da ist so eine unglaubliche Langsamkeit«, sagt Edenhofer. »Wenn wir so weitermachen wie bisher, werden wir das nicht rechtzeitig schaffen.« Wäre er Politiker, solche Sätze würden von Schärfe gegen die

Regierenden begleitet, von gespielter oder tatsächlicher Empörung, sie würden laut gesprochen und schwer von Emotion. Edenhofer aber sagt es in der benennenden Art eines Wissenschaftlers, in dieser Es-ist-so-Tonalität.

»Aber es ist mir zu leicht, auf das System zu schimpfen und darauf, dass seine Prozesse der Situation womöglich nicht gerecht werden. Ich sehe es als ethische Pflicht, Lösungsansätze in die Sprache des Systems zu übersetzen.« Und die Vokabeln dieser Systemsprache seien eben Zahlen, Preise, Marktdynamiken, Kapital.

Was er von den Protesten mitbekomme, das seien häufig Utopien. Und er halte nun mal nicht viel von Utopien, sagt er wieder. »Die sind außerhalb von Raum und Zeit, im

Nirgendwo. Ich glaube, die Herausforderung ist, von einem konkreten Ausgangspunkt aus aufzuzeigen, wo es hingehen kann, ohne auf dem Weg Teile der Gesellschaft abzuhängen.«

Klimaschutz wird in Fernsehdebatten und Protesten aber oft als Kontrast zum bestehenden System dargestellt, als unvereinbar mit dem Kapitalismus: Radikaler Klimaschutz bräuchte

einen Systemumsturz. Edenhofer ist kein Radikaler.

#### 11: 37 Uhr

Die Erzählung, das bestehende System sei unfähig und bekomme nichts hin, ärgert Edenhofer. Auch die Legende, ohne Fridays For Future (FFF) oder den Druck durch Aktivistinnen sei nichts passiert, »stimmt so kategorisch einfach nicht.« FFF habe einen wichtigen Beitrag geleistet und sei ein zusätzlicher Hebel gewesen, die entscheidenden Weichen aber seien durch EU-Verträge gestellt worden — vor dem Aufkommen der Proteste.

Bis dahin war es ein weiter Weg: 2009 scheiterte die Klimakonferenz in Kopenhagen, 2010 wurde eine Kaskade an Skandalen über den IPCC (den Intergovernmental Panel on Climate Change) öffentlich — wirtschaftliche Korruption, wissenschaftlich nicht belegbare Aussagen, zweifelhafte Darstellung von Szenarien. Leitmedien verfielen in einen Tenor des Misstrauens gegenüber der Klimafolgenforschung. »Im Gespräch mit Journalisten kam ich mir

## »Klimapolitik, die sich aus einem elitären Dünkel nährt, lehne ich ab.«

fast vor, als würden sie mich beschimpfen«, sagt Edenhofer. »Da war kaum Vertrauen, nicht einmal von Sendern wie dem ZDF.« Edenhofer war maßgeblich daran beteiligt, dass der IPCC durchleuchtet, seine Forschungen besser geprüft wurden. Die wiederhergestellte Glaubwürdigkeit war wohl eine der Grundlagen für das Übereinkommen von Paris – am 12. Dezember 2015 beschlossen 195 Länder einen Völkerrechtsvertrag für den Klimaschutz.

Als ein Spitzenberater der Politik beeinflusst Ottmar Edenhofer auch den Emissionshandel innerhalb der EU. Die Einnahmen könne man in Start-ups und grüne Technologien investieren, sagt er, während man das verfügbare Gesamtbudget an CO<sub>2</sub>-Emissionen, die ausgestoßen werden dürfen, jedes Jahr ein klein wenig weiter senkt. Als weiteren Hebel, der noch zu ungenutzt sei, nennt Edenhofer multilaterale Entwicklungsbanken. »Die brauchen ein einflussreiches Mandat und Budget«, um etwa in Entwicklungsländern Kohlekraftwerke aufzukaufen und Gewinne so umzuleiten, dass auch dort in grüne Technologien investiert werden könne.

Wenn Edenhofer das System verteidigt, dann verteidigt er – womöglich unbewusst – auch seine eigene Arbeit. Und es ist ja tatsächlich eine Leistung, die Würdigung verdient: Nur wenige wissenschaftliche Berater haben in den vergangenen Jahrzehnten mehr für den Klimaschutz erreicht. »Ja, die Emissionen sinken zu wenig und sie sinken zu langsam«, sagt Edenhofer. Aber sie sinken. Europa hat den Green Deal beschlossen, die USA den Inflation Reduction Act. »Wir haben zehn Jahre lang darüber diskutiert, ob es den Klimawandel überhaupt gibt. Heute unternehmen zwei große Demokratien die größten Anstrengungen im Bereich des Klimaschutzes. Diese Fortschritte verdienen Anerkennung.«

#### 11: 46 Uhr

Verdienen Maßnahmen, die zwar weiterhelfen, aber eben nicht schnell genug, tatsächlich Anerkennung? Nur in wenigen Debatten wird so oft mit der Zeit argumentiert, die verrinne, wie in der Diskussion ums Klima. Auch der Kernzweck des IPCC ist es, politische Entscheidungsträger über Gefahren zu informieren. Wer aber über Gefahren spricht, verlässt das Gebiet der Naturwissenschaften. Gefahr ist eine Bewertung – und damit Gegenstand der Moralphilosophie.

Klimaaktivisten begründen ihre Proteste häufig mit dem Argument der Moral. »Für mich ist es das Einzige, was sich moralisch richtig anfühlt«, sagte etwa eine Akti-

vistin der »Letzten Generation« kürzlich in einem Interview, »damit ich mir in 20 Jahren guten Gewissens in die Augen schauen und sagen kann: Ich habe es wenigstens versucht.«

Edenhofer klebt an keiner Straße und fordert keinen Systemumsturz, er sitzt in einem Büro und arbeitet mit dem System. Aber auch er beansprucht das Argument der Moral. »Ich finde es nicht gerechtfertigt, auf einem moralisch hohen Ross zu sitzen und gleichzeitig so zu kommunizieren, dass es die Teilsysteme – Betriebe und ganze Volkswirtschaften, die Regeln des Marktes, aber auch der Gesetzgebung – nicht verstehen können«, sagt er. Moral sei ein Begriff, mit dem eine Marktwirtschaft nicht arbeiten könne. Wer Klimaschutz von einem demokratisch-kapitalistischen System fordert, muss sich auf dessen Begriffe einlassen: Geld, Ressourcen, Steuern, Kosten, Handel.

Auch daher erkennt Edenhofer im Emissionshandel ein so wichtiges Werkzeug: Er helfe, klimafreundliche Innovation zu belohnen; etwa mit Vergünstigungen oder mit Gewinn durch den Verkauf überschüssiger Zertifikate. Wer sich solcher Innovation versperre oder sie verschleppe, riskiere Verluste und langfristig seine wirtschaftliche Existenz. Edenhofer sagt: »Ich versuche zutiefst moralische Entscheidungen so zu übersetzen, dass ökonomische Systeme damit arbeiten können.« Den Emissionshandel aber gibt es bereits seit Jahren. Um die Klimaziele zu erreichen, reicht er in der derzeitigen Form nicht aus. Edenhofer wirft die Hände in die Luft, zum ersten Mal wird er laut, zumindest kurz. »Da könnte ich jetzt einen zweistündigen Vortrag halten, was ich an Entlastungspaketen und Ausgestaltung des Emissionshandels noch alles zu meckern habe«, sagt er. »Aber Politik in einer Demokratie bleibt ein steter Aushandlungsprozess. Dass es zu Konflikten und Verwerfungen kommt, die Prozesse verzögern, sollte uns nicht überraschen, wenn es um so fundamentale Fragen für die Menschen geht wie Arbeitsplätze und ihre Lebensperspektiven.«

#### 12: 00 Uhr

Klopfen. Es ist jetzt Punkt 12, sagt eine Männerstimme. »Ja, ja, wir kommen gleich«, antwortet Edenhofer. Die Tagesschau wartet auf ein Interview.

#### 12: 01 Uhr

Noch etwas, zum Punkt der Moral: Soziale Kohäsion (der Europarat definiert sie als die Fähigkeit einer Gesellschaft,



92

das Wohlergehen all ihrer Mitglieder zu sichern) sei überlebenswichtig für den zivilisatorischen Firm. Wenn sich ins historische Gedächtnis der Menschen einbrennen sollte, dass steigende Ressourcenpreise mit dem Verlust von sozialer Gerechtigkeit einhergehen, »dann hätten wir verloren.«

Was Edenhofer nicht sagt: Steigende Energiepreise treffen vor allem Geringverdienende, höhere Steuern für Benzin strafen Pendler ab, teurere Flüge und Kampagnen gegen Billigairlines bedeuten neben Klimaschutz eben auch: Klassismus. Auch von blockierten Straßen sind Handwerker, Fernfahrer und andere Berufe mit geringem Lohn häufiger und deutlicher betroffen als Topverdiener.

Was Edenhofer sagt: »Die Politik muss auch den vermeintlich kleinen Leuten gerecht werden. Klimapolitik, die sich aus einem elitären grünen Dünkel nährt, lehne

ich rundheraus ab.« Wer moralisiert, arbeitet mit Scham. »Aber Scham gehört zu den schlimmsten Gefühlen. Durch Scham werden Menschen nicht mitgenommen, nicht motiviert. Scham ist kontraproduktiv.«

So pragmatisch und weltgewandt Edenhofer zu argumentieren versucht: Auch seine Ideen bekommen ein Problem, übersetzt man sie in die Wirklichkeit. Multilaterale Entwicklungsbanken, die im Ausland investieren, um so über den europäischen Markt hinaus zu wirken – das kann innerhalb des Systems gelingen. Aber wie nimmt man die kleinen Menschen mit, für so große, weltumspannende Systemideen? Wie vermittelt man einem Eisenbahner, einem Bauarbeiter, irgendjemandem draußen auf dem Land, mit wenig Geld und zu vielen Zahlen auf der Gasrechnung, dass Millionen oder gar Milliarden aus Deutschland erst in

# Edenhofer klebt an keiner Straße und fordert keinen Systemumsturz. Er sitzt in einem Büro und arbeitet mit dem System.

eine Bank gepumpt und dann in Vietnam investiert werden sollen, um Kohlekraftwerke aufzukaufen – während Deutschland solche Kraftwerke abbaut? Dass man auch die Kraftwerke in Vietnam langfristig durch grüne Energien ersetzen will, hilft da wenig. Vietnam, das ist weit weg.

»Dafür Verständnis zu schaffen, ist schwer«, sagt Edenhofer, »das ist sehr schwer.« Man müsse den Leuten vermitteln, dass Deutschland keine Insel mehr sei. Da liege die berühmte Chance in Krisen: Bei Kriegsbeginn in der Ukraine habe er, gemeinsam mit anderen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des PIK, begonnen auszurechnen, was steigende Gaspreise für kleine und mittlere Haushaltseinkommen bedeuten. Wie müssen Kompensationspakete ausschauen? »Ich bin sofort ins Kanzleramt gelaufen«, sagt Edenhofer, »und habe gesagt, dass wir einen Kanal brauchen, um den Leuten direkt Gelder zukommen zu lassen.«

Menschen müssen Veränderungen und Entscheidungen positiv im eigenen Leben spüren. Wem man droht oder etwas wegnimmt, der wird eine Sache selten aufgrund moralischer Überzeugung unterstützen. Das gelingt im Augenblick noch nicht. Von energieeffizienteren Fahrzeugen etwa profitieren vor allem Langstreckenfahrer – ärmere Haushalte aber fahren vor allem Kurzstrecke. Auch die Pendlerpauschale ist tendenziell auf weitere Strecken angelegt. Dasselbe gilt sogar für die Landwirtschaft: Wer mehr Fläche besitzt, erhält mehr Subventionen. Auch das gehört zum bestehenden System.

»Natürlich gibt es eine ganze Menge Fehler«, sagt Edenhofer. »Statt zu Moralisieren, ist es wichtig, diese anzugehen.«

**12:08 Uhr**

Nochmal klopfen. Langsam werde es dringend, die Sendezeit lasse sich ja schlecht verschieben – das Team der Tagesschau habe Zeitdruck. Edenhofer nickt, »eine Minute.«

**12:09 Uhr**

Die Wut, dass zu wenig passiert, den Zorn, dass alles so langsam passiert, »das kann ich verstehen«, sagt Edenhofer. »Gleichzeitig befinden wir uns aber auf einem Weg mit vielen Unwägbarkeiten und Gefahren. Und auf so einem Weg kann man nicht sprinten, oft kann man sich nur stetig vorantasten. Wir müssen die Situation mit Mut, Nerven und Vorsicht angehen. Das bestreitet ja nicht den Ernst der Situation, bedeutet aber, dass wir dabei Ruhe bewahren müssen.« In Panik kann man keine Bergtour bestehen.

**12:10 Uhr**

»Am Ende ist es eine Wette«, sagt Edenhofer. Wir bestreiten unser Leben immer wieder durch Wetten. Habe ich den richtigen Partner gefunden? Heirate ich? Für welches Studium, für welchen Beruf entscheide ich mich? Traue ich mich, ein Kind zu bekommen und vertraue darauf, dass für dieses Kind in dieser Welt schon alles gut werden wird? »Meine existenzielle Wette ist, dass es hoffentlich reichen wird, was wir mit kontinuierlicher Arbeit und viel Nachdruck voranbringen, um Apokalypsen zu vermeiden und die Klimakrise zu bewältigen.«

**12:10 Uhr**

Edenhofer muss los. Jetzt wirklich. Den Leuten der Tagesschau läuft die Zeit weg. Er hebt noch schnell die Hand, und tritt ab.

**12:11 Uhr**

Eine Wette, ausgerechnet so etwas grundsätzlich Unwissenschaftliches. Aber es ergibt auch Sinn. Die Wissenschaft kann Situationen beschreiben, Dynamiken erklären, Wahrscheinlichkeiten errechnen und Szenarien modellieren; sie findet auf viele Fragen verlässlich Antworten. Aber sie kann keine sicheren Anweisungen geben, was zu tun ist, damit am Ende nicht doch alles schiefgeht. Wissenschaft gibt keine Garantie. Eine Wette bedeutet immerhin: Hoffnung.

Zeigen Sie uns  
Ihr Institut!



## EINE VON 21.000

Lea Frese-Renner

Wo arbeiten  
Sie, wenn  
Sie nicht im  
Büro sind?



Worauf freuen  
Sie sich nach  
der Arbeit?



Was sehen Sie  
auf dem Weg  
zur Arbeit?

94



Woran forschen  
Sie im Moment?



Dieses Mal haben wir Polaroidkamera und Fragebogen ans Leibniz-Zentrum für Zeithistorische Forschung Potsdam geschickt. Dort erforscht die Historikerin LEA FRESE-RENNER frühe Formen der DDR-Erinnerung im Internet und fragt: Wie haben Menschen das neue Medium genutzt, um sich mit dem untergegangenen Staat auseinanderzusetzen?



## INTERNA

Mehrere Leibniz-Institute setzen ihre Arbeit unter neuer Leitung fort: Das Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde begrüßte zum 1. März 2023 den Physiker Oliver Zielinski als neuen Direktor. Mit Eicke Latz hat auch ein Berliner Leibniz-Institut eine neue wissenschaftliche Leitung: das Deutsche Rheuma-Forschungszentrum. Am Kiel Institut für Weltwirtschaft hat der Ökonom Moritz Schularick am 1. Juni das Amt des Präsidenten übernommen, in Saarbrücken ist der Biotechnologe Wilfried Weber neuer Wissenschaftlicher Geschäftsführer des Leibniz-Instituts für Neue Materialien und in Hannover wurde der Geograph Axel Priebis für die Amtszeit 2023/24 zum Präsidenten der Akademie für Raumentwicklung in der Leibniz-Gemeinschaft berufen.

Eine geballte Ladung Wissen verschifft die MS Wissenschaft. Im Fokus der diesjährigen Tour steht das Thema des Wissenschaftsjahrs 2023—»Unser Universum«. Bis Ende September steuert das Ausstellungsschiff mehr als 30 Stationen in Deutschland und Österreich an. Mit an Bord sind unter anderem Exponate des Leibniz-Instituts für Astrophysik Potsdam und des Leibniz-Instituts für Festkörper- und Wirkstoffforschung Dresden.

Das US-amerikanische TIME-Magazine hat Johan Rockström in seine Liste der 100 einflussreichsten Menschen der Welt aufgenommen. Die Arbeit des Direktors des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung sei »entscheidend für das Verständnis der miteinander verbundenen Krisen, denen sich unser Planet gegenübersteht«, so die Autoren der TIME100-Liste 2023. Rockström ebne »den Weg in die Zukunft, indem er führenden Persönlichkeiten zeigt, wie man komplexe Wissenschaft in klare, messbare Maßnahmen umwandelt.«

Der Leibniz-Gründungspreis 2023 geht an isitec composites, eine Ausgründung des Leibniz-Instituts für Verbundwerkstoffe. In Bremerhaven baut und entwickelt das Start-up neuartige Rohrleitungen, die den Transport gasförmigen Wasserstoffs erleichtern und so einen Beitrag zur Energiewende leisten sollen.

Kaspars Dadzis vom Leibniz-Institut für Kristallzüchtung in Berlin hat den renommierten Proof of Concept Grant des Europäischen Forschungsrats (ERC) erhalten. Die damit verbundene Förderung von 150.000 Euro nutzt der Physiker für sein Projekt »Hands-on Materials Science for Education«, das die Kristallzüchtung einer breiten Öffentlichkeit näherbringen und ein Bewusstsein für die Forschung dahinter schaffen will.

Bereits Anfang des Jahres gingen insgesamt sieben ERC Consolidator Grants an Leibniz-Forschende. Die Grantees sind Thomas Bocklitz vom Leibniz-Institut für Photonische Technologien (IPHT) in Jena, Ioachim Pupeza (ebenfalls IPHT), Debora Gasperini vom Leibniz-Institut für Pflanzenbiochemie in Halle, Lucia Kleint vom Leibniz-Institut für Sonnenphysik in Freiburg, Alessandro Ori vom Leibniz-Institut für Altersforschung—Fritz-Lipmann-Institut in Jena, Christoph Trebesch vom Kiel Institut für Weltwirtschaft und Yana Vaynzof vom Leibniz-Institut für Festkörper- und Wirkstoffforschung Dresden. Die Grants umfassen jeweils eine Förderung von zwei Millionen Euro über eine Laufzeit von fünf Jahren.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) hat Michael Homberg vom Leibniz-Zentrum für Zeithistorische Forschung Potsdam (ZZF) mit dem Heinz Maier-Leibnitz-Preis ausgezeichnet. Gewürdigt wird Homberg, der am ZZF ab September eine neue Forschungsgruppe zum Thema »Digitale Ungleichheiten« leiten wird, für seine Arbeit zur Geschichte des digitalen Zeitalters. Der Preis ist mit 200.000 Euro dotiert. Die DFG verleiht ihn seit 1977 jährlich an herausragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler.

# N° 11

# Sinn



In seiner Kolumne widmet  
sich der Philosoph CHRISTIAN  
UHLE Gedanken von Gottfried  
Wilhelm Leibniz – und holt sie  
ins Heute.

Der Sinn des Lebens — das muss etwas Spektakuläres sein, etwas Großes, Erhabenes. Schon die Formulierung klingt beeindruckend. Und tatsächlich, wenn wir darüber nachdenken, welche Personen ein Leben führten, das besonders intensiv von Sinn getragen wurde, kommen uns schnell Beispiele in den Kopf wie Ghandi, Martin Luther King oder Mutter Teresa. Das sind Menschen, die Spuren hinterlassen haben und deren Existenz nicht lautlos vorüberstrich.

Auch Gottfried Wilhelm Leibniz war eine solche Person. Sein Lebenswerk löste ein regelrechtes Erdbeben aus, dessen Wellen bis heute andauern. Er entwickelte das binäre Rechnen, auf dem unsere Computer basieren, schrieb philosophische Werke, vermittelte als internationaler Diplomat, machte unzählige technische Erfindungen... Wer kann da schon mithalten?

Verblasst unser Leben im Schatten solcher Giganten? Auch heute wird manchmal suggeriert, dass Selbstverwirklichung und Sinnfindung eine beeindruckende, einzigartige Komponente haben müssten. Denn wir selbst sind ja etwas ganz Besonderes!

Doch das ist ein Trugschluss, hier ist Selbstverwirklichung in Selbstoptimierung umgeschlagen. Sinn entsteht nicht durch spektakuläre Taten, sondern durch den Kompass, an dem wir unser Leben ausrichten. Was machen wir zu unserem Sinn, was gibt uns Sinn und Orientierung? Das sind Fragen einer inneren Haltung und nicht äußerlich messbarer Ergebnisse. Ausgerechnet hier kann Leibniz uns aber doch als Vorbild dienen, denn sein Leben war geprägt von einem ehrlichen Interesse an anderen Menschen, man denke an seine insgesamt 1.100 verschiedenen Briefpartnerschaften und an seine Freundschaft mit der Herzogin Sophie Charlotte. Leibniz kreiste nicht bloß um sich selbst, sondern war zutiefst involviert in diese Welt. Gerade durch eine solche Zugewandtheit kann — auch für uns heute — ein spürbarer Sinn entstehen, der wahrhaftig ist. Weil wir Sinnbeziehungen knüpfen und eingebettet sind in Zusammenhänge, die uns überschreiten.

Wir sollten uns daher nicht blenden lassen von der imposanten Formulierung: der Sinn des Lebens. Sie bringt uns auf falsche Fährten. Sinn entsteht weder durch große Leistungen, noch existiert Sinn im Singular. Wir alle haben verschiedene Arten und Quellen von Sinn, die uns durch das Leben tragen. Ihnen können wir mehr Aufmerksamkeit und Bedeutung geben und können wichtig nehmen, was tatsächlich wichtig ist.

»  
**Archäologie ist eine  
Wissenschaft, die  
über den Menschen forscht**  
«

98



Interview JULIANE ZIEGLER Fotos DAWIN MECKEL/OSTKREUZ

**Wie lässt sich ein Forschungsmuseum heute neu denken? Wir haben Alexandra W. Busch gefragt.**

LEIBNIZ Frau Busch, bei Ihnen verändert sich derzeit einiges—im vergangenen Herbst ist der Hauptsitz ihrer Einrichtung in einen Neubau gezogen, seit 2023 trägt sie einen anderen Namen: Das Römisch-Germanische Zentralmuseum heißt nun Leibniz-Zentrum für Archäologie, kurz LEIZA. Wofür steht der neue Name?

ALEXANDRA W. BUSCH Wir betreiben hier Forschung von der Altsteinzeit bis ins Hochmittelalter, untersuchen zentrale Fragen der Menschwerdung sowie des Menschseins und decken dabei einen Zeitraum von etwa drei Millionen Jahren Menschheitsgeschichte ab. »Römisch-Germanisches Zentralmuseum« beschreibt nur einen minimalen Ausschnitt von dem, was wir hier tatsächlich tun—daher die Entscheidung für einen neuen Namen. Wir sind ein Forschungsmuseum mit Museen, Forschungsbereichen und mit bedeutenden Forschungsinfrastrukturen und Laboratorien an mehreren Standorten in Rheinland-Pfalz und zukünftig auch in Schleswig-Holstein. Und uns ist wichtig, die Zugehörigkeit zur Leibniz-Gemeinschaft deutlich zu machen.

Sie sind mit rund 220.000 Objekten umgezogen, ein Mammutprojekt. Was bedeutet ein solcher Umzug?

Der Umzug gab Anlass für eine Generalinventur der gesamten Sammlung—zum ersten Mal in der Geschichte der Einrichtung. Jedes einzelne Objekt wurde gereinigt, fotografiert, mit einer Inventarnummer versehen und wird in Zukunft über unsere Datenbank zugänglich sein. Ich glaube, wir haben jetzt eine der am besten sortierten und erfassten archäologischen Sammlungen in Deutschland. Wir konnten dabei unseren Bestand konkret überprüfen, etwa auch im Hinblick auf den Zweiten Weltkrieg: Es gab in unse-

ren Magazinen Kisten mit der Aufschrift »Kriegsschutt«. Darin haben wir beispielsweise zerscherbte Gefäße gefunden, und so konnten wir sehen, welche Inventarnummern zumindest noch in Teilen vorhanden sind, oder welche im Krieg zerstörten Objekte komplett abgängig waren. Und es sind sogar Objekte aufgetaucht, von denen vorher nicht klar war, dass wir sie besitzen, etwa Kopien von Bronzeskulpturen aus Pompeji.

Das Institut gibt es seit 1852. Worauf lag damals der Schwerpunkt?

Zum Zeitpunkt der Gründung lag der Fokus darauf, eine Sammlung aufzubauen, um eine Grundlage für kulturvergleichende Studien zu schaffen. Alle wichtigen Objekte und Denkmäler der Antike, des Mittelmeerraumes sowie der angrenzenden Kulturen sollten an einem Ort zusammengetragen werden. Natürlich konnte man diese Objekte nicht im Original bekommen. Deshalb hat das Institut früh begonnen, Kopien von bestimmten Objekten anzufertigen. Dadurch ist unser Bereich »Restaurierung und Konservierung« entstanden—heute ein wichtiges Standbein unserer Einrichtung. Wir sind dafür international bekannt, und es besteht großes Vertrauen in unsere Arbeit: Vor einigen Jahren sind wir zum Beispiel angefragt worden, den fälschlicherweise mit Sekundenkleber angeklebten Bart von Tutanchamun wieder zu fixen. Erstmal ging es darum, den Kleber so zu lösen, dass die Maske nicht beschädigt wird—kein leichtes Unterfangen. Dann haben die Kollegen den Bart wieder befestigt—sach- und fachgerecht.

Was hat sich im Laufe der Zeit verändert?

Während des 20. Jahrhunderts haben sich die Forschungsfragen gewandelt. In dem Zusammenhang kam es zu einer Diversifizierung unserer Einrichtung mit der Gründung neuer Standorte, um diese neuen Aspekte untersuchen zu können. Vor wenigen Jahren haben wir zum Beispiel ein Labor für Spurenforschung einrichten können, das sich der Mikrospurenanalyse sowie der Reproduktion solcher Mikrospuren in kontrollierten Experimenten widmet. Wir beobachten Spuren an Objekten, und wollen wissen: Wie sind diese Spuren zustande gekommen, um beispielsweise Rückschlüsse auf die Verwendung oder den menschlichen Bewegungsapparat treffen zu können. Die Kolleginnen und Kollegen, die diese Mikrospurenanalyse machen, nutzen Robotik, um etwa Schläge auf Steinartefakte in kontrollierten Experimenten zu reproduzieren. Somit können sie zum Beispiel sehen: Welche Bewegungen sind nötig, um solche Spuren zu hinterlassen?

100

Derzeit gestalten Sie auch die Dauerausstellung am Mainzer Standort neu.

Ja, in der Ausstellung wollen wir zeigen, in welcher Form wir archäologische Forschung betreiben. In einem unserer drei Forschungsfelder untersuchen wir, wie sich Gemeinschaften bilden, warum sie zusammenbleiben oder wann sie scheitern. Im musealen Transfer ist uns ein Punkt besonders wichtig: Wir möchten vermitteln, welche Zusammenhänge wir anhand archäologischer Forschung besser verstehen können. Rund um die Archäologie gibt es diese Klischees von Indiana Jones oder Lara Croft – jemand macht eine besondere Entdeckung und hat auch sofort die Erklärung parat. Aber in Wirklichkeit läuft Forschung nicht auf diese Weise ab. Wir wenden ein breites Methodenspektrum aus den Geistes- und Naturwissenschaften an.

Was macht die Archäologie für beide Bereiche interessant?

Dass die Archäologie eine Wissenschaft ist, die über den Menschen forscht. Und ich glaube, das ist in der Öffentlichkeit nicht präsent. Wir beschäftigen uns hier nicht mit alten Töpfen, weil uns alte Töpfe interessieren, sondern weil

»

**Wir untersuchen Fragen, die auch für unsere Gegenwart relevant sind.**

« ALEXANDRA W. BUSCH

archäologische Objekte für den Großteil der Menschheitsgeschichte die einzigen Quellen sind, um etwas über uns Menschen herauszufinden. Wir können auf diese Weise Fragen zu menschlichem Verhalten und Handeln beantworten, zur Entwicklung und Veränderung von Gesellschaften, zu kulturellen und sozialen Praktiken. Und das möchten wir in der Ausstellung erfahrbar und erlebbar machen.

Die Dauerausstellung trägt den Titel »Zusammenleben«. Wie erzählen Sie dieses Thema anhand archäologischer Funde?

Für alle Gemeinschaften ist die Konstruktion einer gemeinsamen Geschichte wesentlich. Hierzu gehört, dass an bestimmte Menschen erinnert werden soll, oder auch das Gegenteil – dass die Erinnerung an Personen gelöscht werden soll, aus ganz unterschiedlichen Gründen. Solche Vorgänge sehen wir etwa, wenn Statuen umgestürzt oder Buchstaben aus Inschriften entfernt werden. Dieses Phänomen möchten wir zum Beispiel im Ausstellungsbereich »Konstruktion von Geschichte« vermitteln und nutzen als Einstieg in das Thema einen Prolog, eine Art Augenöffner, bei dem sich die Besucherinnen und Besucher selbst einbringen können.



Wie sieht der Prolog in diesem Beispiel aus?

Wir haben dafür den »Monument Maker« entwickelt, an dem die Besucherinnen und Besucher aufgefordert sind, über einen Bildschirm Namen von Personen einzugeben, an die sie gerne erinnern wollen. Diese Eingabe wird für alle sichtbar projiziert. Bei Bedarf kann sie anschließend von anderen Besuchern wieder gelöscht werden. Rund um diesen »Monument Maker« werden archäologische Objekte gruppiert, die genau diese Vorgänge, zum Beispiel durch entfernte Inschriften, zeigen. Ziel ist es, zur Reflexion der Bedeutung des gemeinsamen Erinnerns für Gemeinschaften anzuregen. Alles, was wir zeigen, beruht auf archäologischer Forschungsarbeit, und die Herausforderung besteht für uns darin, deutlich zu machen, wie wir zu diesen Ergebnissen kommen. Dafür planen wir in der Ausstellung entsprechende Vertiefungsebenen, wo wir die Forschungsmethoden zugänglich machen.

Was sollen die Besucherinnen und Besucher möglichst mitnehmen?

Wichtig für uns ist, sich vor Augen zu halten: Für wen gestaltet man die Ausstellung? Es geht uns nicht um die reine Vermittlung von Sachinhalten. Wir wollen vielmehr verdeutlichen, dass wir Fragen untersuchen, die auch für unsere Gegenwart relevant sind und dass unsere Forschung zu einem besseren Verständnis des Menschen in seinen Zusammenhängen beitragen kann. Ich fände es schön, wenn aus dem Ausstellungsbesuch ein offeneres Verständnis für andere Menschen resultieren würde — denn wir haben viel mehr gemein als das, was uns trennt. Bei der Konzeption unserer Ausstellungen steht für uns auch die Frage im Mittelpunkt: Was geschieht in den Köpfen der Besucher und Besucherinnen? Dafür arbeiten wir mit Bildungswissenschaftlern der Leibniz-Gemeinschaft und haben gemeinsam mit Lernpsychologen ein besonderes didaktisches Prinzip

102



»  
Unser Umzug  
hat eine gute  
Grundlage für  
die Provenienz-  
forschung  
geschaffen.  
«





entwickelt. Wir wollten im Vorfeld wissen: Wie funktioniert Lernen und auf welche Weise lässt sich ein Reflexionsprozess in Gang setzen? Diesen starken didaktischen Anspruch mit den ästhetischen Aspekten auf eine Linie zu bringen, ist eine Herausforderung.

Was heißt es für Sie, dass bei Ihnen Forschung und Museum unter einem Dach stattfinden?

Das Verhältnis ist wechselseitig und darüber freue ich mich sehr: Wir geben nicht nur die Ergebnisse unserer Forschung über die Museen in die Gesellschaft. Vielmehr nehmen wir auch Impulse auf, die für unsere Forschung relevant sind, nach denen wir die Forschung ausrichten oder neue Forschungsprojekte aufsetzen. Ich persönlich erlebe das als sehr beflügelnd.

Das LEIZA forscht in Europa, Asien und Afrika. Inwiefern beschäftigen Sie sich auch mit der Herkunft ihrer Objekte? Welche Rolle spielt die Provenienzforschung?

Provenienzforschung ist natürlich für jede archäologische Einrichtung, für Naturkundemuseen oder für andere Häuser ein sehr großes Thema. Neben unseren Kopien haben wir seit dem späten 19. Jahrhundert auch Originale gesammelt. Archäologen, die an Grabungen beteiligt waren, haben uns Objekte für unsere damals schon sehr bekannte Sammlung geschickt, etwa Heinrich Schliemann. Hinzu kommt: Im 20. Jahrhundert wurde viel im Kunsthandel eingekauft — ein Erbe, das wir mit anderen archäologischen Museen teilen. Mit der Erschließung und der Inventur unserer Sammlung, die wir im Zuge des Umzugs angestellt haben, haben wir eine sehr gute Grundlage geschaffen, um Provenienzforschung zu betreiben.

ALEXANDRA W. BUSCH

ist Archäologin und seit 2014 zunächst Forschungs-, dann Generaldirektorin des Leibniz-Zentrums für Archäologie in Mainz.

Was bedeutet Provenienzforschung in Ihrem Kontext ganz konkret?

Aktuell haben wir ein Projekt, das von der Kulturstiftung des Bundes gefördert wird und sich mit den Gläsern der Bagdadbahn beschäftigt, einer Bahnstrecke im ehemaligen Osmanischen Reich: Als die Bagdadbahn gebaut wurde, sind bei Gleisarbeiten archäologische Objekte zutage getreten. Einen Teil davon haben wir in unserer Sammlung. Wir versuchen herauszufinden, wie diese Objekte zu uns gelangt sind. In anderen Zusammenhängen hatten wir auch schon Objekte, die restituiert wurden, etwa nach Italien, weil sie nachweislich aus Raubgrabungen stammten.

Und wie kamen Sie persönlich zur Archäologie?

Als kleines Kind habe ich ein Buch geschenkt bekommen: »Götter, Gräber und Gelehrte«, eine besonders reich illustrierte Ausgabe. Ich konnte noch nicht lesen, und fand die Bilder sehr beeindruckend und dachte: Objekte entschlüsseln und dadurch etwas über vergangene Gesellschaften erfahren — das will ich auch! Die Entscheidung, Archäologie zu studieren, habe ich nie bereut. Innerhalb der Leibniz-Gemeinschaft mit anderen Disziplinen zusammenzuarbeiten, hat mich später dann gedanklich auf eine neue Ebene gebracht — etwa die Kooperation mit Bildungswissenschaftlern: Wenn wir verstehen, wie Lernen und Kompetenzvermittlung funktionieren, können wir unsere Erkenntnisse auf eine ganz andere Weise verstehbar machen, als aus rein archäologischem Verständnis. Das finde ich sehr bereichernd.

## Meine Welt ...

### ... das Affenhaus.

Unser Familienhund »Cocky« ist der Grund, warum ich zu meinem Beruf gefunden habe. Als Kind habe ich ihm Tricks beigebracht, mit 14 bereits Schutz- und Schäferhunde ausgebildet. Meinen Eltern zuliebe habe ich später ein Studium zur Agraringenieurin gemacht – doch mit Schwerpunkt Tierzucht, denn der Traum, mit Tieren zu arbeiten, ließ mich nie los. Und als ich vor 17 Jahren die Stellenanzeige des Deutschen Primatenzentrums sah, habe ich mich sofort beworben: als Tiertrainerin. Seither habe ich mit verschiedenen Primatenarten gearbeitet, darunter Weißbüschelaffen und Paviane. Besonders ins Herz geschlossen habe ich »Edgar«, einen Rhesusaffen, mit dem ich unter anderem Lehrfilme für Primatenlabore in ganz Europa drehte; 20 Jahre wurde er alt. Ich arbeite im Bereich kognitive Neurowissenschaften. Dort sammelt man in der Grundlagenforschung Daten, um Alzheimer oder Parkinson besser zu verstehen. Im Training bringe ich den Primaten bei, freiwillig in Experimentierräume zu gehen, ihre Arme für die Blutentnahme zu zeigen oder stillzuhalten, wenn ihr Implantat am Kopf gepflegt wird. Mit unseren Wissenschaftlern erarbeite ich Trainingsprogramme für ihre Projekte, sodass die Primaten am Touchscreen oder mit dem Joystick Aufgaben lösen können. Aber es geht in meinem Job auch darum, den Labortieren jeden Tag etwas Schönes zu bieten – sie haben diese Abwechslung verdient. Tierversuche werden in unserer Gesellschaft kontrovers diskutiert. In meinem persönlichen Umfeld begegnen mir die meisten mit Verständnis – andere nicht. Klar ist: Die Versuche gehen immer mit einer Belastung fürs Tier einher, doch sie sind unerlässlich, etwa bei der Entwicklung neuer Medizintechnik. Invasive, mit Operationen verbundene Eingriffe laufen heute dank intensiver Forschung schon viel schonender ab. Außerdem werden ständig neue Technologien entwickelt, die möglichst viele Tierversuche ersetzen sollen. Ob ich einmal überlegt habe, meinen Job aufzuhören? Nein! Ich möchte in Zukunft selbst Tiertrainer ausbilden. Tiere werden also immer an meiner Seite sein.

LEONORE BURCHARDT

ist Tiertrainerin im Bereich »Kognitive Neurowissenschaften« des Deutschen Primatenzentrums – Leibniz-Institut für Primatenforschung in Göttingen.

Die Leibniz-Gemeinschaft ist mit ihren bundesweit 97 Instituten eine der vier großen außeruniversitären Forschungseinrichtungen Deutschlands. Sie eint unter ihrem Dach eine Vielfalt wissenschaftlicher Disziplinen von den Natur-, Ingenieur- und Umweltwissenschaften über die Wirtschafts-, Raum- und Sozialwissenschaften bis zu den Geisteswissenschaften. Über Fachgrenzen hinweg widmen sich die Forscherinnen und Forscher den großen Herausforderungen der Zeit, die sie in ihrer Komplexität aus allen Blickwinkeln beleuchten und durchdringen. Leibniz-Institute beschäftigen sich mit gesellschaftlich, ökonomisch und ökologisch relevanten Fragestellungen. Sie betreiben erkenntnis- und anwendungsorientierte Grundlagenforschung und unterhalten wissenschaftliche Infrastrukturen wie Archive, Bibliotheken und Begegnungszentren. Die acht Forschungsmuseen der Leibniz-Gemeinschaft schaffen eine lebendige Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit.

Mehr Informationen finden  
Sie unter:

[WWW.LEIBNIZ-GEMEINSCHAFT.DE](http://WWW.LEIBNIZ-GEMEINSCHAFT.DE)

Abonnieren Sie unseren  
Newsletter unter:

[WWW.LEIBNIZ-GEMEINSCHAFT.DE/  
NEWSLETTER](http://WWW.LEIBNIZ-GEMEINSCHAFT.DE/NEWSLETTER)

#### HERAUSGEBERIN

Die Präsidentin der Leibniz-Gemeinschaft,  
Martina Brockmeier,

Chausseestraße 111, 10115 Berlin

#### CHEFREDAKTION

David Schelp

#### REDAKTION

Konrad Krug, Christoph Herbolt-von  
Loeper, Meena Redöhl, Julia Ucsnay

ART DIREKTION Tim Roth, dreisatz

BILDREDAKTION Natalia Göllner

MITARBEITENDE DIESER AUSGABE

Text Sarah Bioly, Stefanie Hardick,  
Christian Heinrich, Sebastian Kretz,  
Madeleine Londene, Jasmin Mahazi, Henrik  
Rampe, Niclas Seydack, Ruben Schaar, Tim  
Schróder, Manuel Stark, Juliane Ziegler,  
Christian Uhle

Foto / Illustration Lena Giovanazzi,  
Ramon Haindl, Myrzik und Jarisch, Tanja  
Kernweiss, Tobias Kruse, Dawin Meckel,  
Verena Müller, Philotheus Nisch,

Anne Schönharting, Fabian Zapatka /  
Nino Bulling, Jakob Hinrichs,  
Friedemann Theilacker, Andreas Töpfer  
DRUCK Druckhaus Sportflieger

#### REDAKTIONSADRESSE

Redaktion »Leibniz«,  
Leibniz-Gemeinschaft,  
Chausseestr. 111, 10115 Berlin  
T 030/206049-100, F 030/206049-155  
redaktion@leibniz-gemeinschaft.de

[www.leibniz-magazin.de](http://www.leibniz-magazin.de)

#### Kostenloses Abo

[abo@leibniz-gemeinschaft.de](mailto:abo@leibniz-gemeinschaft.de)

[www.leibniz-magazin.de/das-heft](http://www.leibniz-magazin.de/das-heft)

Leibniz bei twitter @LeibnizWGL

Leibniz auf Facebook [www.facebook.com/  
leibnizgemeinschaft](http://www.facebook.com/leibnizgemeinschaft)

Leibniz bei Instagram

@leibnizgemeinschaft

#### BILDNACHWEISE

Titel + S.01 + S.10 Lena Giovanazzi;

S.02 Radbruch: Anne Schönharting/

Ostkreuz, Konzentrationslager: Nino  
Bulling, Festplatte: Philotheus Nisch,  
Obersalzberg: Myrzik und Jarisch,  
Paar: Loredana Nemes; S.03 Bulling:  
Hannes Wiedemann, Schönharting: Annette  
Hauschild/Ostkreuz; S.04 Milbe: WikiIma-  
ges/Pixabay, Jupiter: NASA, Globus: GNM,  
Elefant: Lutz Kindler/LEIZA; S.76 Pla-  
netarium: Hubert Czech/Deutsches Museum,  
Floralia: Senckenberg Gesellschaft für  
Naturforschung

»Leibniz« wird klimaneutral auf dem  
Recyclingpapier enviro@polar gedruckt,  
ausgezeichnet mit FSC® Recycled-Zerti-  
fikat und Blauem Engel.



[www.leibniz-gemeinschaft.de/institute](http://www.leibniz-gemeinschaft.de/institute)