

# Horizonte

Das Schweizer Forschungsmagazin

144 März 2025

Was im Nichts  
alles steckt Seite 14



# In der Paradoxie des Nichts schlummert Erkenntnis



Florian Fisch  
Co-Redaktionsleiter  
von Horizonte

Als wir in der Redaktion erzählten, dass unser nächstes Fokus-Thema «Nichts» ist, haben viele sofort per Gegenwitz geraten: «Ihr könnt die Titelseite ja einfach leer lassen.» Hahaha! Und doch, wir haben die Idee ernsthaft geprüft. Schnell gab es aber Fragen: Soll das Nichts weiss oder schwarz dargestellt werden? Weiss würde bedeuten: keine Druckfarbe. Schwarz dagegen würde für die Abwesenheit von Licht stehen. Wenn die Pigmente fehlen, ist das Licht da, und umgekehrt.

Das Problem mag spitzfindig scheinen, doch je länger ich darüber nachdenke, was Nichts eigentlich genau sein soll, desto mehr Dimensionen eröffnen sich. So verstand ich zuerst nicht, was der kurze Text von Kafka und die Installation der Künstlerin Florence Jung (S. 22 und 23) mit dem Nichts zu tun haben sollen. Zwei Forschende haben mir dann neue Aspekte des Nichts zugänglich gemacht. Beim Interview zur existenziellen Psychotherapie (S. 25) wurde mir klar, dass die Angst vor Langeweile, Verlust und Tod auch mit Abneigung gegenüber Leere zu tun hat. Ich liebe es, den Beobachtungen und Theorien der Physik zu folgen, gemäss denen das Vakuum nicht einfach ein luftleerer Raum ist. In den Tiefen des Weltalls soll auch die bis heute unentdeckte dunkle Materie existieren. Und selbst im besten vorstellbaren Vakuum müssen gemäss Theorie noch virtuelle Teilchen herumschwirren und eine Energie besitzen, die, so lernte ich, zum grössten Fehler der Physik führt (S. 16).

Über die Grenzen des Universums und einen Platz für das Nichts nachzudenken, führt in logische Sackgassen. Genau dort befindet sich das Heimterrain der Wissenschaft: Sie verharret nicht bei dem, was sie kennt und kann, sondern geht einen Schritt weiter und fragt: «Was wäre, wenn es nicht so wäre?» Die Paradoxien, die zum Vorschein kommen, führen oft zu Höchstleistungen und unerwarteten Entdeckungen: von der Selbsterkenntnis bis zu neuen Technologien. Auf unserer Titelseite haben wir uns dann übrigens für Schwarz entschieden: In Form eines Lochs öffnet es eine virtuelle Dimension jenseits von Raum und Papier.



Fokus: Von nichts kommt viel

16 Doch keine Leere  
Warum die unendlichen Weiten des Alls voller Energie und Materie sind

19 Symbol für Abwesenheit  
Wie Mathematik bis zur Null kam

22 Indianer aufgelöst, Graffiti entfernt  
Wenn Literatur und Kunst erst im Verschwinden Vollendung finden

25 Interview zu Todeswünschen  
Wie aus seelischen Abgründen Kraft gewonnen werden kann

Links: Um die schwarzen Löcher der Bilderstrecke zu produzieren, haben die Fotografen echte dreidimensionale Flächen aus dunkler Farbe über ihr Studio verteilt. Titelseite: Das Resultat entschwebt dem Raum.  
Fotos: Cortis & Sonderegger

Fotos: Gabi Vogt, Anoush Abrar

4 Im Bild  
Scheitern in Schönheit

6 Aus der Wissenschaftspolitik  
Abgedrängte Sozialwissenschaften, kränkende letzte Karrierejahre, fliehende argentinische Forschende

10 Aus der Forschung  
Von einem verbindenden Quartierpark, investigativen Algorithmen und nüchternen Jugendlichen

13 So funktioniert's  
Im Laserstrahl liegt die Kraft

28 Reportage  
Stöbern im Archiv für Frauen, deren Geschichte es sonst nicht gäbe



32 Verworrene Geschichte von Lithium  
Die seltenen Eigenschaften eines essentiellen Elements

34 Leuchtende kleine Stars  
Von Glühwurm bis zu Pilz und Koralle machen Lebewesen Licht

36 SNF-Präsident und SNF-Präsident  
Was Matthias Egger erreicht hat, was Torsten Schwede erwartet

38 Ständige Grenzverschiebungen  
Die Karpatenukraine gehörte immer wieder zu einem anderen Staat

40 Flimttips aus der Redaktion  
Welche aktuellen Streifen über und mit Forschenden sich lohnen

44 Belastender Tinnitus  
Mit Neurofeedback den Umgang mit dem Phantomlärm lernen

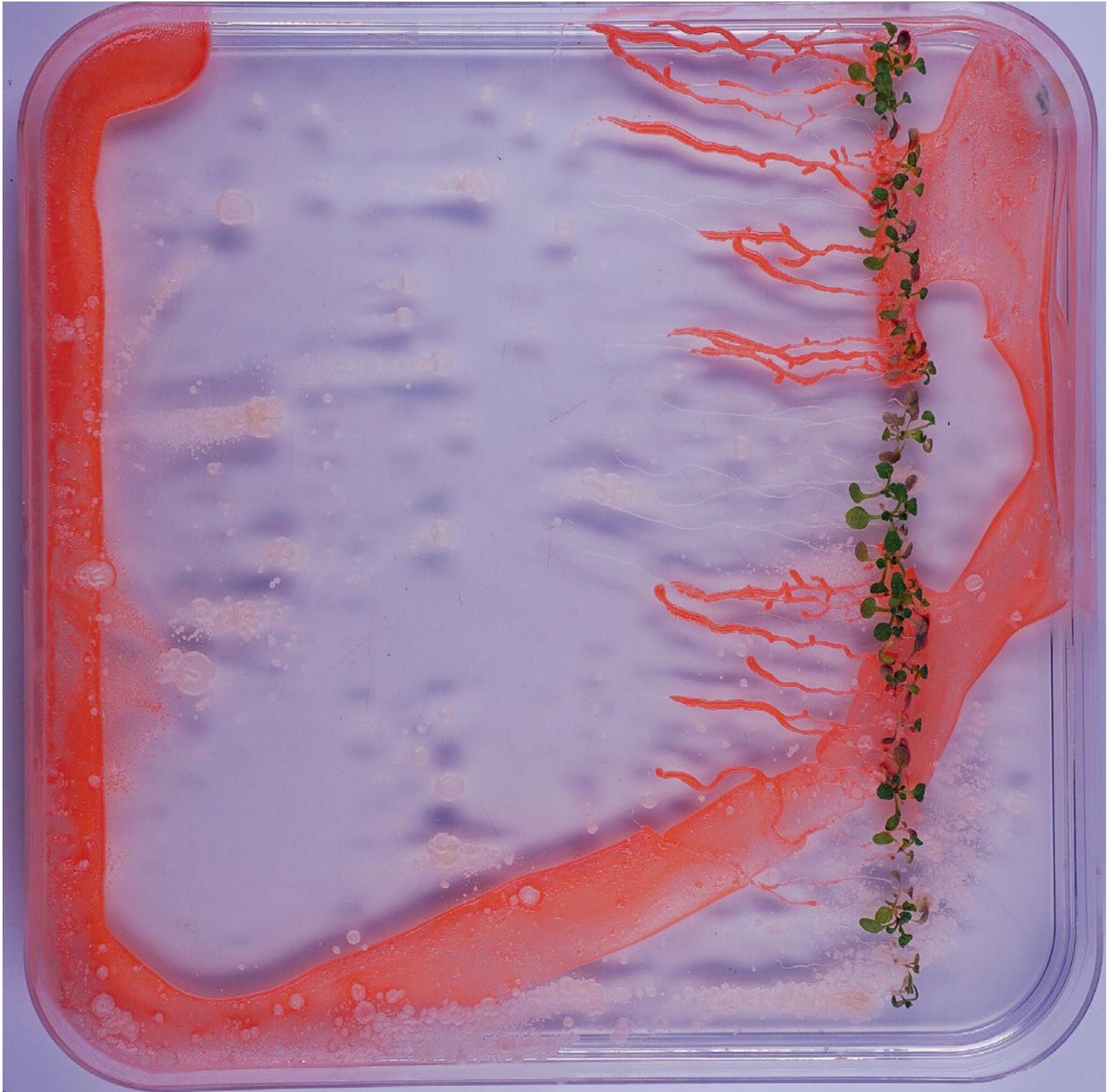
45 Authentifiziert und doch anonym  
Damit Identität bestätigt werden kann, ohne alles preiszugeben

46 Porträt  
Genetiker mit Liebe für Logik und Herz für Mäuse



48 SNF und Akademien direkt  
50 Rückmeldungen/Impressum

51 Debatte  
Sollen die Menschen weiterhin ins Weltall reisen?

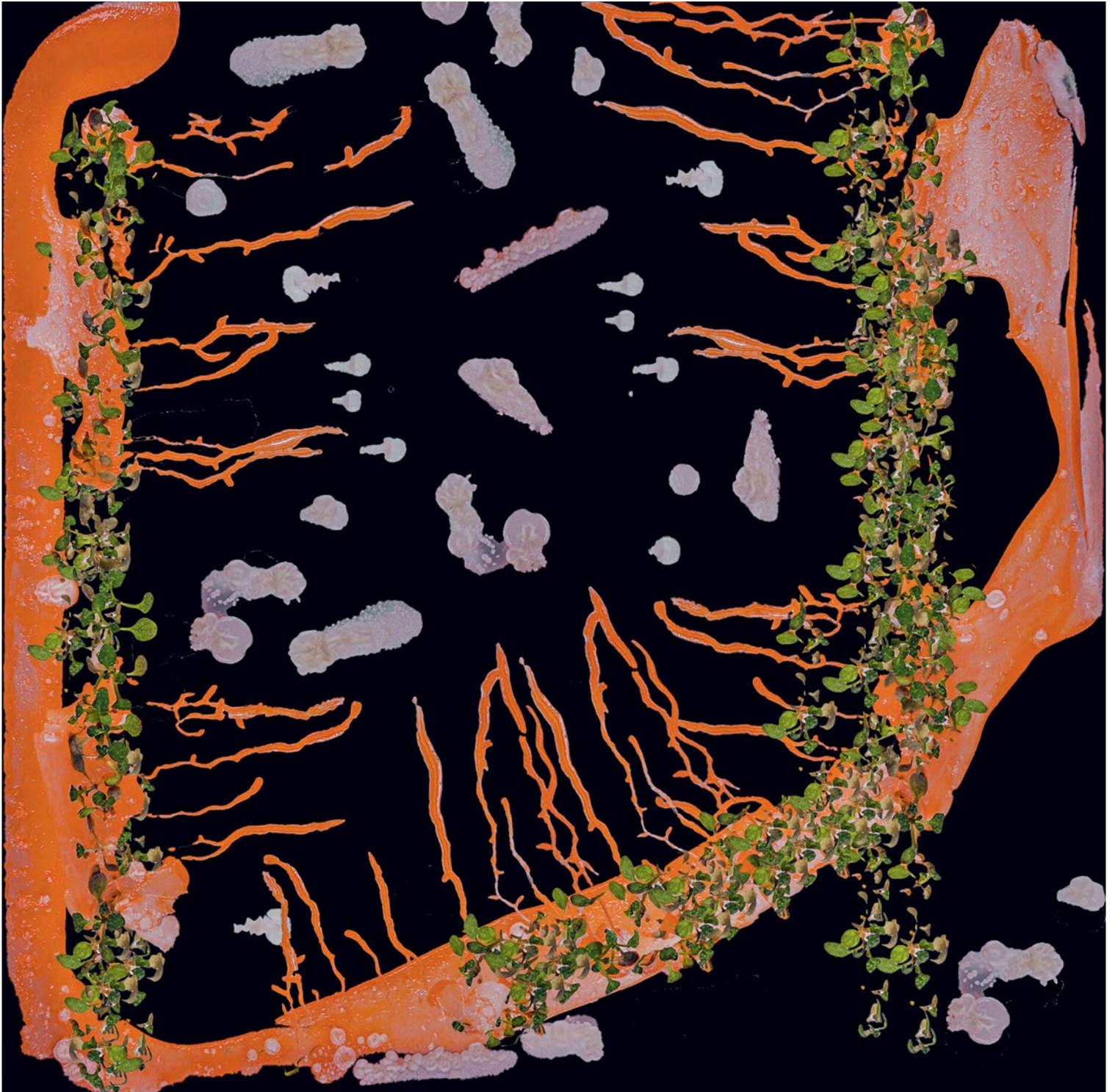


## Fehlversuch elegant veredelt

«Als ich die Kulturplatte sah, war ich enttäuscht», erinnert sich Elliot Gobet. Das Foto oben verewigt seine erste Zeit als Forschungsassistent in einem Pflanzenbiologielabor der Universität Freiburg Ende 2023. Es zeigt ein Agargel, auf dem der Masterstudent Keimlinge der Modellpflanze Acker-Schmalwand hatte wachsen lassen. Leider entdeckte er nun darauf das Werk roter und weisser Mikroorganismen, wahrscheinlich Bakterien, die in das Nährmedium ein-

gedrungen waren und sich vor allem entlang der Wurzeln vermehrt hatten. Mit dem Experiment wollte der Forscher eigentlich das Wachstum der Wurzeln untersuchen, um ein biologisch abbaubares Herbizid zu entwickeln. Durch die Kontamination mit den Mikroben verlor es aber seinen Erkenntniswert und musste neu begonnen werden.

«Andererseits hatte das Bild eindeutig ästhetisches Potenzial, und ich erinnerte mich



an den Bilderwettbewerb der Fakultät für Biologie, den meine Professorin und ihr Kollege alle zwei Jahre organisieren.» Mit seinem älteren Bruder Johan, einem leidenschaftlichen Fotografen, bearbeitete der Masterstudent die Aufnahme und schuf verschiedene Kompositionen. «Wir haben den leeren Raum gefüllt, die unterschiedlichen Texturen und das Relief der Kontaminationen hervorgehoben.» Auf der Montage rechts oben zeichnet sich plötzlich eine ein-

drückliche elegante Luftansicht ab: ein Wald aus zarten grünen Blättchen, die sich entlang eines verästelten Grabens mit ockerfarbenen Reflexen und ein paar weissen Wolken schlängeln. Das Fresko aus Pflanzen und Bakterien bekam den zweiten Preis des Wettbewerbs und ziert nun ein Auditorium.

Eine Wendung erfuhr auch das Projekt selbst: Der Gebrauch der getesteten wachstumshemmenden Substanz auf den Blättern der

Pflanze führte zu technischen Problemen und wurde eingestellt. Im Wurzelbereich scheint die gleiche Behandlung jedoch vielversprechend. Für Gobet hat das Foto deshalb auch symbolischen Wert: «Es steht für die Suche nach alternativen Lösungen.» Sei es die Veredelung eines misslungenen Experiments oder die Entwicklung eines umweltverträglichen Herbizids.

*Sophie Rivara (Text), Elliot Gobet (Bild)*

Aufgeschnappt

«Es besteht eine reale Gefahr, dass systematische Übersichtsstudien ihre Aussagekraft verlieren.»

Foto: Radboud university medical center



Der niederländische **Neurowissenschaftler Rene Aquarius** und seine Kollegin Kim Wever wollten das Wissen zur Behandlung von Hirnschlägen zusammenfassen. Sie fanden aber laut Science zehnmal so viele Artikel wie erwartet. In vielen fanden sie manipulierte Abbildungen. Andere Forschende entdeckten zudem **gefälschte Papers**. Aquarius und seine Kollegen befürchten, dass dadurch **Schlussfolgerungen aus Übersichtsstudien verzerrt** werden und sich deren Erstellung um Monate verlängert. *ff*

## Sozialwissenschaften in Neuseeland ohne Geld

Der mit staatlichen Geldern finanzierte Marsden Fund in Neuseeland wird 2025 keine Projekte mehr in den Geistes- und Sozialwissenschaften fördern. Diesen Entscheid hatte die damalige Ministerin für Wissenschaft, Innovation und Technologie, Judith Collins, Ende 2024 bekannt gegeben. Dies unter anderem mit der Begründung, das Volk erwarte, «dass von der Öffentlichkeit finanzierte Forschung klar erkennbaren Nutzen bringt». Der Marsden Fund verteilt zwar nur 75 Millionen Neuseeländische Dollar pro Jahr, aber er fördert fast

«Der Einschnitt wird Frauen und Maori überdurchschnittlich treffen.»

die gesamte sozialwissenschaftliche Forschung des Landes, wie Science schreibt. Er sei zudem explizit gegründet worden, um Grundlagenforschung zu unterstützen. Die Forschungsgemeinschaft des Inselstaates reagierte denn auch teilweise schockiert.

Der Co-Präsident der Neuseeländischen Vereinigung der Wissenschaft Troy Baisden zum Beispiel erklärte auf der Plattform Research Professional News, die Disziplinen, «die jetzt gestrichen

wurden, untersuchen und helfen mehr als alle anderen zu verstehen, wer wir als Nation sind». Die Co-Direktorin des Mac Diarmid Institute für Nanotechnologie betont, die Forschenden der Physikwissenschaften wehrten sich dagegen, dass der ökonomische Wert ihrer Arbeit «als Waffe gegen die Kolleginnen und Kollegen in den Geistes- und Sozialwissenschaften eingesetzt werden». Der Australische Rat für Künste, Geistes- und Sozialwissenschaften warf Collins vor, sie verstehe nicht, wie diese Disziplinen zur Wirtschaft beitragen. Und Jane Harding, die Präsidentin der Royal Society Te Apārangi, die den Marsden Fund verwaltet, wandte sich gar in einem offenen Brief an Ministerin Collins. Darin findet sie unter anderem, das Land brauche die Grundlagenforschung in den jetzt beschnittenen Disziplinen für Fortschritt und Wohlergehen. Ausserdem prognostizierte sie, der Einschnitt werde etwa Frauen und Maori überdurchschnittlich treffen. Sie fordert Collins auf, den Entscheid zu überdenken. *jho*

Die Co-Direktorin des Mac Diarmid Institute für Nanotechnologie betont, die Forschenden der Physikwissenschaften wehrten sich dagegen, dass der ökonomische Wert ihrer Arbeit «als Waffe gegen die Kolleginnen und Kollegen in den Geistes- und Sozialwissenschaften eingesetzt werden». Der Australische Rat für Künste, Geistes- und Sozialwissenschaften warf Collins vor, sie verstehe nicht, wie diese Disziplinen zur Wirtschaft beitragen. Und Jane Harding, die Präsidentin der Royal Society Te Apārangi, die den Marsden Fund verwaltet, wandte sich gar in einem offenen Brief an Ministerin Collins. Darin findet sie unter anderem, das Land brauche die Grundlagenforschung in den jetzt beschnittenen Disziplinen für Fortschritt und Wohlergehen. Ausserdem prognostizierte sie, der Einschnitt werde etwa Frauen und Maori überdurchschnittlich treffen. Sie fordert Collins auf, den Entscheid zu überdenken. *jho*

**Horizonte**  
Das Schweizer Forschungsmagazin



Wie Forschung für Frieden hinsteht  
Seite 14

**Wissenschaft schafft Argumente. Empfehlen Sie Horizonte weiter!**

Horizonte berichtet 4x im Jahr über die Schweizer Forschungslandschaft. Schenken Sie sich oder Ihren Freundinnen und Freunden gratis ein Abo.

Hier abonnieren Sie die Printausgabe:  
[horizonte-magazin.ch/abo](http://horizonte-magazin.ch/abo)



## «Die letzten Berufsjahre können kränkend sein»

Der Didaktikprofessor Peter Tremp und die Bildungsprofessorin Annette Tettenborn wollten ein Buch herausgeben, in dem Forschende erzählen, wie sie persönlich ihre Pensionierung erleben. Das lief allerdings ins Leere. Jetzt planen sie ein Buch mit Fachpublikationen und Interviews zum Thema.

### **Annette Tettenborn, Sie beschäftigen sich mit Pensionierung in der Akademie. Warum braucht es dazu ein Buch?**

Weil der Übergang Teil der akademischen Berufsbiografie ist. Es gibt nur wenige Forschungsgruppen, die sich aus soziologischer Perspektive mit dieser Statuspassage beschäftigen. Dabei ist es ein zukunftssträchtiges Thema, denn die Hochschulen verändern sich und sind heute auch unternehmerisch orientiert. Wissenschaft als Lebensform und Berufung, wie sie es für manche noch ist, wirkt da fast überholt. Die Auswirkungen dieser Spannung interessieren uns.

### **Weshalb klappte es mit den ursprünglich geplanten persönlichen Beiträgen nicht?**

Einige wenige wollten mitmachen, aber die Mehrheit schrieb uns: Das ist zwar ein ganz tolles Projekt, aber ich habe keine Zeit, ich sitze an Publikationen, ich habe noch Doktorierende zu betreuen. Manchmal wurden auch Enkel ins Feld geführt.

### **Das sind vermutlich Emeriti. Wie gross ist ihr Anteil unter den Pensionierten?**



Annette Tettenborn ist Leiterin des Instituts für Professions- und Unterrichtsforschung an der Pädagogischen Hochschule Luzern.

Foto: Matthias Jurt / PH Luzern

Das kann ich nicht sagen. Die Zahlen des Bundesamtes für Statistik zeigen aber, dass der Anteil der über 65-Jährigen an den Hochschulen seit einigen Jahren zunimmt. Der Status der Emeriti ist je nach Hochschule unterschiedlich. An der Universität Zürich etwa wird man mit 65 emeritiert und hat dann bis 70 noch seine institutionelle Mailadresse und Zugänge

zu Statistikprogrammen oder Literatur. Doch wie geht es weiter, wenn das wegfällt? Wie steht es dann um das wissenschaftliche Selbst? Aber es fängt schon vorher an.

### **Wie meinen Sie das?**

Sie werden etwa bei Berufungskommissionen nicht mehr angefragt, bei Entscheidungen, wie es mit der Hochschule strategisch weitergeht. Das entscheiden – im guten Sinne – die Jüngeren. Die letzten Berufsjahre im akademischen Feld können für manche auch kränkend sein. Oder zumindest unangenehm. Aber es gibt auch das Umgekehrte: Plötzlich wird man für ganz viele Gutachten oder für Einsitze in Hochschulräten angefragt. Denn Pensionierte haben Zeit.

### **Ist dieser Statusverlust tabuisiert?**

Das ist zu stark ausgedrückt, und der Übergang kann auch ein Gewinn von Neuem sein. Viele Menschen beschäftigen sich jedoch nicht so gerne mit Abbau und Abschied. Was eher tabuisiert ist, sind ältere Forschende, die nicht loslassen können, die weiter Dinge tun, zu denen sie eigentlich nicht mehr imstande sind.

### **Was für Gestaltungsspielräume für Pensionierte fänden Sie sinnvoll?**

Sie haben langjährige Fachexpertise und einen erfahrenen Blick darauf, was sich an den Hochschulen verdichtet, beschleunigt, zuspitzt. Die Hochschulen täten gut daran, diese Kenntnisse weiter zu nutzen. *jho*



Dorothy Hodgkin begutachtete sparsam. Foto: Daily Herald Archive / Getty Images

## Peer-Reviews von anno dazumal

Das britische Journal *Philosophical Transactions* der Royal Society hat vor rund 200 Jahren als erstes Peer-Reviews eingeführt. Nun hat es 1600 historische Gutachten aus den Jahren 1949 bis 1954 im Archiv zugänglich gemacht. Eines davon schrieb die britische Biochemikerin Dorothy Hodgkin im Jahr 1953 zum Manuskript von Francis Crick und James Watson, in dem sie die Struktur der DNA beschreiben. Sie hielt sich dabei gemäss *Nature* mit 50 Wörtern sehr kurz und forderte die beiden einzig dazu auf, dass sie Fotos wegen «störender Spiegelungen von Stühlen» nachbessern.

Vor der Standardisierung des Peer-Reviews in den Siebzigerjahren kam es vor, dass Forschende Gutachten von 24 Seiten verfassten oder eindeutige Vorurteile formulierten, etwa: «Da ich den Autor kenne, vertraue ich, dass die Analyse stimmt.» Oder: «Ich war darauf vorbereitet, dass sein Paper Müll ist.» *jho*

# Aufrüsten für die Integrität

KI macht es einfacher, Publikationen zu fälschen. Zudem nimmt die politische Polarisierung weltweit zu. Unter diesen Bedingungen ist integre Wissenschaft umso wichtiger. Die Schweizerische Hochschulkonferenz hat im November 2024 die Gründung eines Kompetenzzentrums für wissenschaftliche Integrität Schweiz beschlossen, wie die Akademien der Wissenschaften Schweiz berichteten. Bei ihnen wird das Zentrum angesiedelt sein.

Damit erhält die Schweiz erstmals eine zentrale Stelle, die Hochschulen berät und dem schweizerischen Kodex für wissenschaftliche Integrität von 2021 zu besserer Verbreitung verhelfen soll. «Sie wird ausserdem Daten zur Einhaltung der wissenschaftlichen Integrität erfassen und so einen umfassenden Überblick über die Situation in der Schweiz und damit einen internationalen Vergleich ermöglichen», schreiben die Akademien. Das Zentrum besteht aus einer Geschäftsstelle und einem Rat,

dessen Gründungspräsident der emeritierte Chemieprofessor Edwin Constable ist.

Auch in anderen Ländern wird aufgerüstet. So wurde der Ombudsmann der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) durch einen unabhängigen Verein ersetzt, das Ombudsgremium für wissenschaftliche Integrität. Die Finanzierung des Gremiums durch die DFG wurde zudem institutionalisiert. Damit werde «der Stellenwert guter wissenschaftlicher Praxis und wissenschaftlicher Integrität als Voraussetzung für einen exzellenten Wissenschaftsstandort Deutschland deutlich hervorgehoben», schreibt die DFG. Die US-amerikanische Umweltbehörde EPA hat sich auch eine neue Policy gegeben, kurz bevor Donald Trump die Präsidentschaft antrat. Damit Vertrauen in die Wissenschaft gedeihen könne, müssten «deren Produkte, Entscheidungsfindungen und Kommunikation vor politischer Einflussnahme abgeschirmt» werden. ff

# Argentinische Wissenschaft wird komplett zersägt

Javier Milei trat im Wahlkampf zur Präsidentschaft Argentiniens mit einer Motorsäge auf, mit der er **Staatsausgaben massiv zu beschneiden gedenke**. Nach einem Jahr im Amt hat er dies der Wissenschaft zu spüren gegeben: Das Budget der von der Regierung finanzierten Forschung wurde 2024 Jahr um 30 Prozent gesenkt, berichtet Nature. Rund 70 Prozent der Löhne der Dozierenden und Forschenden lägen unter der Armutsgrenze, schreibt Le Monde. **Viele der Betroffenen verlassen das Land**. Dies, nachdem Argentinien noch 2016 ein Programm lanciert hatte, um Forschende zurückzuholen. Es geht aber nicht nur ums Geld: Laut einem Beschluss vom Januar 2025 will die Regierung **nur noch die strategischen Forschungsfelder** Agrar-, Energie- und Minenwirtschaft sowie Wissensökonomie und Gesundheitsinnovation fördern, wie die Buenos Aires Times berichtet. ff

## Ernstfall



Illustration: Tom Gauld / Edition Mordeme



## «Auch in der Forschungsberatung leiste ich einen kleinen Beitrag zum Fortschritt»

Nach meiner Dissertation war ich nicht unbedingt an einer akademischen Laufbahn interessiert. Während meiner Doktorarbeit wurde mir klar, dass die Abhängigkeit von Fördermitteln und die Unsicherheit, zu der das in einem so wettbewerbsintensiven Umfeld führt, nicht gut für mich sind. Deshalb wollte ich mich neu orientieren. Ironischerweise ist der Wettbewerb um Forschungsgelder ein Bereich, in dem ich mir eine gewisse Expertise angeeignet hatte. Das Thema stand einerseits im Mittelpunkt meiner Dissertation, andererseits arbeitete ich in der Zeit in einer Beratungsfirma, die Forschenden hilft, EU-Fördermittel für Kooperationen zu erhalten. Heute bin ich in der Position als nationale Kontaktstelle für die europäischen Marie-Sklodowska-Curie-Actions-Stipendien zur Förderung von Mobilität, Ausbildung und Forschung tätig. Hauptsächlich berate ich dabei Doktorierende und Postdoktorierende. Meine Aufgabe ist es, sie bei der Suche nach Finanzierungen zu unterstützen, Projektgesuche gegenzulesen und die Entwicklungen in der Forschungspolitik der Europäischen Union zu verfolgen. Meine im Doktorat erworbenen Kenntnisse helfen mir dabei sehr.

Der Wechsel von der Forschung in die Forschungsberatung ist für mich sehr befriedigend. Auch so kann ich einen kleinen Beitrag zum wissenschaftlichen Fortschritt leisten. Ausserdem habe ich durch die vielfältigen Projekte aus den verschiedensten Disziplinen Einblick in Themen, mit denen ich in meinem Fachbereich wenig bis nichts zu tun hatte, zum Beispiel, wie künstliche Intelligenz in der Behandlung von Stoffwechselerkrankungen verwendet wird. Dank der geregelten Bürozeiten ist es für mich ausserdem einfacher, meine persönlichen Verpflichtungen zu bewältigen, etwa ein gesundes Leben zu führen und Zeit mit Familie und Freunden zu verbringen. Ich bin überzeugt, dass solche beratenden Funktionen für ein gut funktionierendes Forschungsökosystem zentral sind. Sie tragen dazu bei, dass brillante Ideen mit den entsprechenden Ressourcen verwirklicht werden können. So können wir chronische Krankheiten behandeln, die Artenvielfalt schützen oder Ungleichheiten beim Zugang zu Bildung ausräumen.

**Marco Cavallaro**, Mitglied der Swiss Young Academy, hat kürzlich seine Dissertation über Forschungsförderung an der Università della Svizzera italiana in Lugano abgeschlossen.

# 80%

der Expertinnen und Experten in Forschungspolitik denken, dass Politikerinnen und Politiker nicht genügend Verständnis davon haben, **wie Wissenschaft eigentlich funktioniert**. Dies ergab eine weltweite Umfrage von Nature. 73 Prozent der Teilnehmenden fanden aber auch, dass Forschende nicht begreifen, wie Politik abläuft. «Daraus ergeben sich beständig **Spannungen zwischen wissenschaftlichen Analphabeten und politisch Unbedarften**», sagte Paul Dufour, Politikspezialist an der Universität von Ottawa, Kanada, in einem der qualitativen Interviews, welche die Erhebung begleiteten. *jho*

# skeptisch

Desinformation macht die Leute gegenüber einer Quelle skeptischer, fand das Wissenschaftsbarometer 2022. Das ist gut so, denn **«gemässiger Skeptizismus ist nicht nur eine intellektuelle, sondern auch eine bürgerliche Tugend**, die dem demokratischen Regieren dient, weil sie undogmatisches, tolerantes und offenes Denken fördert», wie die Philosophinnen Maria Baghramian und Silvia Caprioglio Panizza vom University College Dublin schreiben. Gemässigt skeptisch sollten auch Forschende sein – besonders gegenüber den eigenen Hypothesen.

Diese positive Konnotation des Begriffs reklamieren auch Klima- und Impfskeptikerinnen für sich. Es geht ihnen **jedoch nicht darum, Tatsachen auf den Grund zu gehen**, sondern die eigene Ideologie oder den eigenen Glauben aufrechtzuerhalten, wie der Philosoph Lawrence Torcello vom Rochester Institute of Technology erklärt. Er spricht von Pseudoskeptizismus: **«Wissenschaftsleugner als Skeptiker zu bezeichnen, stärkt ihre rhetorische Position**, indem ihnen eine intellektuelle Tugend zugeschrieben wird, die sie nicht haben.» *ff*

## Zahnfleisch auf Chip gegen Entzündungen

Seit einigen Jahren ist es möglich, im Labor Miniorgane zu züchten, in denen sich die wesentlichen Strukturen der echten Vorbilder finden: im Mini-Darm etwa jene des Verdauungskanals, in der Mini-Plazenta jene des Mutterkuchens. Manche Forschende übertragen solche aller kleinsten Gebilde nun auch auf Mikrochips – so zum Beispiel erstmals einen Gewebewürfel aus Zahnfleisch mit Blutgefässen und Zellen der Wurzelhaut, wie die Chemikerin und Bioanalytikerin Petra Dittrich von der ETH Zürich berichtet. Auf den winzigen Chips können sie das Gewebe mit Flüssigkeit und Nährstoffen durchströmen lassen.

«Dieses Modell soll dabei helfen, die Entstehung, den Verlauf und die Behandlung einer Parodontitis besser zu verstehen», erklärt Dittrich. Immerhin leiden zwanzig bis vierzig Prozent der Bevölkerung an einer Entzündung des Zahnfleisches. Die Zahnmedizin weiss auch, dass eine Parodontitis bei Schlaganfällen und Herzinfarkten eine Rolle spielen kann, womöglich ebenfalls bei einer frühen Entstehung von Alzheimer-Demenz. «Wir wissen zwar schon viel darüber, wie eine Parodontitis entsteht, jedoch nicht, wie sie sich auf andere Organe auswirkt», so Dittrich.

Für das Projekt brachte ihr Team gemeinsam mit dem Oralbiologen Thimios Mitsiadis von der Universität Zürich die Zellen aus der Wurzelhaut eines gesunden menschlichen Zahns mit Zellen zusammen, die für die Entwicklung von Blutgefässen wichtig sind. In einem Hydrogel wuchs aus den beiden Zelltypen ein wenige Millimeter hoher Würfel aus Gewebe der Wurzelhaut des Zahnes heran. «In diesem Gewebe können wir die Entzündungsabläufe wie im menschlichen Körper simulieren», erklärt Dittrich. In flachen und zweidimensionalen Zellkulturen dagegen wäre das nicht möglich. Auf ihrem Mikrochip kann die Chemikerin nun unter kontrollierten Bedingungen genauestens beobachten, wie die Entzündung abläuft und wie sich das Gewebe dabei verändert. Die ersten Experimente dazu sind bereits vielversprechend verlaufen. *Astrid Viciano*

S. Svanberg et al.: «Periodontal ligament-on-chip» as a Novel Tool for Studies on the Physiology and Pathology of Periodontal Tissues. *Advanced Healthcare Materials* (2024)



Am Nachmittag sind es die Familien, die sich im Genfer Park treffen. Foto: S. Cattacin, F. Gamba (2024)

## Inklusion im Quartierpark

«Am besten funktioniert urbane Vielfalt, wenn die Leute ihre eigene Inklusion orchestrieren können», sagt Sandro Cattacin, Soziologe an der Universität Genf. Gemeinsam mit Anthropologin Fiorenza Gamba wollte er verstehen, «wie die Koordination einer heterogenen Gesellschaft im öffentlichen Raum abläuft».

Von 2019 bis 2022 untersuchten die Forschenden den Lebensrhythmus in einem zentral gelegenen, 1500 Quadratmeter grossen Genfer Quartierpark, der unauffällig beobachtet werden konnte. Sie stellten fest, dass die Möglichkeiten zu freier eigener Initiative darin mündeten, Verantwortung für das Gemeinwohl zu übernehmen. Während insgesamt 120 Stunden konnten die Forschenden der natürlichen Inklusion verschiedener sozialer Gruppen zuschauen, die den Park zu bestimmten Zeiten nutzten: Krippenkinder am Morgen, Arbeiterinnen über Mittag, Familien am Nach-

mittag, Jugendliche am Abend. Während der Pandemie fanden im Park auch Hochzeiten und Abdankungsfeiern statt, was seine Bedeutung als Ort der Sozialisierung hervorhebt.

Der untersuchte Quartierpark hat bestimmte Eigenheiten, die ihn für einen Besuch besonders attraktiv machen: Er ist gut einsehbar, was ein Gefühl von Sicherheit verleiht. Er liegt in einem multikulturellen Arbeiterquartier, in dem Unterschiede toleriert werden. Und falls es doch einmal zu einem Konflikt kommt, wird dieser diplomatisch zwischen den Nutzenden gelöst, die sich gegenseitig die ungeschriebenen Regeln erklären. «Eine Stadt, die sich stärkeren sozialen Zusammenhalt wünscht, sollte diese Art von Parks fördern», findet Cattacin. *Kalina Angelova*

S. Cattacin and F. Gamba: Inclusion of differences through the rhythm of the city. An analysis of an urban neighbourhood park. *Cities* (2025)

## Virus mit Tarnmantel gegen das menschliche Immunsystem

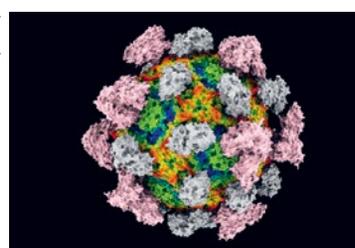


Foto: H. Lee et al. (2024)

Unter menschlichen Proteinen (rosa, grau) versteckter Erreger.

Das weit verbreitete **Parvovirus B19 kann Fehlgeburten auslösen**. Ohne Methode, um das Virus zu züchten, ist die Forschung dazu eingeschränkt. Ein Team der Universität Bern hat das Virus nun aus Blut von Infizierten isoliert und dessen Struktur ermittelt. Überraschend: **Die Hülle ist bedeckt von menschlichen Proteinen**. «Wahrscheinlich versteckt sich das Virus so vor dem Immunsystem und kann sich länger ungehindert vermehren», so Teamleiter Carlos Ros. *yy*

H. Lee et al.: Infectious parvovirus B19 circulates in the blood coated with active host protease inhibitors. *Nature Communications* (2024)

## Algorithmen entlarven Geldwäsche besser

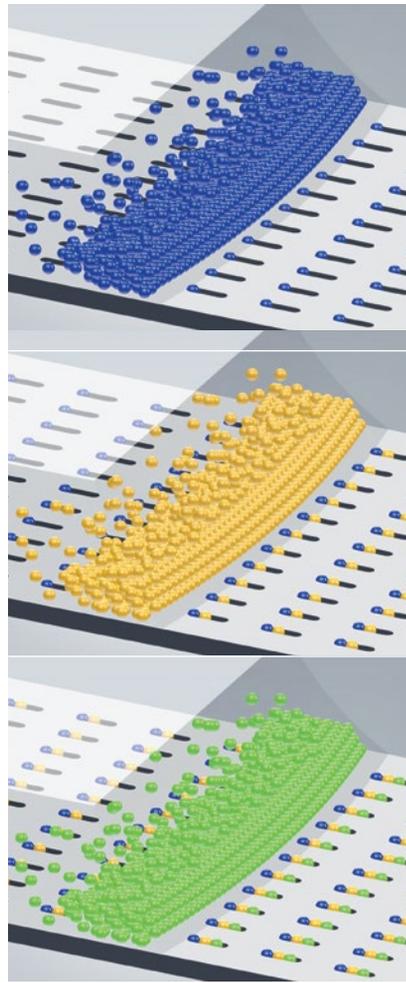
Es gibt viele Tricks, mit denen Kriminelle ihr unredlich erworbenes Geld reinwaschen: So wird es **auf verschiedene Konten aufgesplittet** und wieder zusammengeführt. Oder es wandert über mehrere Banken im Kreis herum. Solche Manöver fallen auf tabellarischen Kontoauszügen nicht auf.

Doch die typischen Muster solcher Transaktionen lassen sich durch Umwandlung in eine Darstellung als Grafen aufspüren, der Geldflüsse ähnlich wie ein U-Bahn-Liniennetz abbildet. Für diese Art der Analyse hat ein Team von IBM Research Europe in Zürich jetzt spezielle Algorithmen entwickelt. Bei einem Test erkannten sie **signifikant häufiger verdächtige Geldbewegungen** als mit anderen Methoden. Ebenfalls neu: Die Auswertung erfolgt in Echtzeit.

Laut Erstautor Jovan Blanuša könnten die Algorithmen auch **andere illegale Aktivitäten wie Phishing oder Manipulation** von Aktienkursen detektieren. Die Software ist frei verfügbar. [yv](#)

J. Blanuša et al.: Graph Feature Preprocessor: Real-time Subgraph-based Feature Extraction for Financial Crime Detection. ACM International Conference on AI in Finance (2024)

### Blickfang



## Farbige Kugeln als Warnsignal

Die mit fluoreszierenden Farbstoffen gefüllten Kügelchen können **Materialschäden im Mikrometerbereich anzeigen**. Bei steigendem Druck platzen zunächst die grünen, dann die gelben, dann die blauen Kügelchen und setzen die entsprechende Farbe frei. Das Team von Minghan Hu an der ETH Zürich hat ein Verfahren entwickelt, um nacheinander je ein Kügelchen jeder Farbe in **Mikrofallen auf einer Siliziumplatte einzufangen**. Diese Platte kann dann in Materialien integriert werden, die auf Schäden überwacht werden müssen – zum Beispiel in Flugzeugen. [yv](#)

M. Hu et al.: Self-Reporting Multiple Microscopic Stresses Through Tunable Microcapsule Arrays. Advanced Materials (2024)

# Wie sich Kulturpflanzen selbst verteidigen könnten

Pflanzen haben ein Dilemma: Sie müssen sich gegen Krankheitserreger wehren und gleichzeitig abwägen, wie viel Energie sie dafür investieren, ohne ihr Wachstum zu stark zu reduzieren. Eine Studie hat nun mit Daten zu fast 200 Pflanzenarten untersucht, ob verschiedene Arten diese Herausforderung auch unterschiedlich angehen.

Dafür nutzten die Forschenden eine Gruppe von Resistenzgenen, die man relativ einfach im Genom finden kann und die als Kenngrösse dafür dienen, wie viel eine Pflanzenart in die Verteidigung investiert. «Wir teilten die Arten in Kulturpflanzen und wilde Arten ein», erklärt Anna-Liisa Laine von der Universität Helsinki, zuvor an der Universität Zürich. «Denn Nutzpflanzen

wurden vom Menschen so stark auf Ertrag gezüchtet, dass wir unterschiedliche Resultate erwarteten.» Ihre Analyse zeigte dann, dass es den erwarteten Zielkonflikt bei Wildpflanzen gibt – mehr Verteidigungspotenzial verringert also das Wachstum. Innerhalb der Kulturpflanzen liess sich der Zusammenhang jedoch nicht feststellen.

Ein Grund ist das Fehlen gewisser Resistenzgene bei Nutzpflanzen. Viele davon gingen wohl unabsichtlich verloren, da immer für maximalen Ertrag und nicht für Widerstandsfähigkeit gezüchtet wurde. «Im Gegensatz zu landwirtschaftlich genutzten Arten haben ihre wilden Verwandten ein viel grösseres Repertoire an Resistenzgenen», so Laine. «Dieses könnte in zukünftigen Züchtungen genutzt werden.» Solche Züchtungen seien notwendig, da die wenig resistenten Nutzpflanzen nur dank hohem Einsatz von Fungiziden und anderen Pestiziden wachsen – was mit einer nachhaltigeren Landwirtschaft nicht vereinbar ist.

Um Züchtungen zwischen Nutzpflanzen und ihren wilden Verwandten zu optimieren, ist es wichtig, die Verteidigungsmechanismen genauer zu untersuchen. Es könnte sein, dass wenige, gezielt ausgewählte Resistenzgene effizienter sind als Tausende. Eine optimierte Kulturpflanzensorte hätte die genau richtige Anzahl, die weiterhin hohe Investitionen ins Wachstum ermöglicht. [Sofia van Moorsel](#)

Um Züchtungen zwischen Nutzpflanzen und ihren wilden Verwandten zu optimieren, ist es wichtig, die Verteidigungsmechanismen genauer zu untersuchen. Es könnte sein, dass wenige, gezielt ausgewählte Resistenzgene effizienter sind als Tausende. Eine optimierte Kulturpflanzensorte hätte die genau richtige Anzahl, die weiterhin hohe Investitionen ins Wachstum ermöglicht. [Sofia van Moorsel](#)

M. Giolai and A.-L. Laine: A trade-off between investment in molecular defense repertoires and growth in plants. Science (2024)

«Wilde Pflanzen haben ein viel grösseres Repertoire an Resistenzgenen als die Nutzpflanzen.»



Foto: Nathalie Dubois

## Die Besiedlung Ozeaniens

Die Südsee wurde erst spät von Menschen besiedelt – wann genau, ist umstritten. Eine Studie von Eawag und ETH Zürich hat nun gezeigt, dass schon **vor etwa 2800 Jahren Menschen auf der Inselgruppe Vanuatu** lebten und dort die Nutzpflanze Taro kultivierten – der bisher früheste Hinweis auf Pflanzenanbau in der Region. In einem Sedimentkern fanden die Forschenden in den 2800 Jahren alten Schichten **Wachs aus Taroblättern sowie für menschliche Fäkalien** typische Biomarker. Damals gab es dort einen klimatischen Wechsel, was die Ansiedlung vermutlich begünstigte. *yv*

G. Camperio et al.: Sedimentary biomarkers of human presence and taro cultivation reveal early horticulture in Remote Oceania. *Communications Earth & Environment* (2024)

## Abstinente Jugendliche faken, um besser akzeptiert zu sein

Zum ersten Mal widmet sich eine Studie in der Schweiz dem Alkoholkonsum aus der Perspektive von Jugendlichen, die nicht trinken. Die Ergebnisse belegen, dass sich diese Minderheit – 8 bis 17 Prozent der 15- bis 24-Jährigen – häufig abwertend beurteilt und isoliert fühlt. «Internationale Daten zeigen, dass es immer mehr Jugendliche gibt, die nicht trinken. Wir wollten wissen, wie es in der Schweiz aussieht, einem Land mit einer starken Weinkultur», erklärt Yara Barrense-Dias, leitende Forscherin der Studie bei Unisanté an der Universität Lausanne.

Das Forschungsteam rekrutierte 63 Jugendliche und teilte sie nach Geschlecht, Alter und Konsumgewohnheiten in Gruppen ein. Sie wurden unter anderem nach ihren Vorstellungen von Menschen, die trinken beziehungsweise nicht trinken, gefragt. Aus den Antworten der Jugendlichen wurde deutlich, dass es eine Art Hierarchie der Gründe für Abstinenz gibt. Während religiöse Motive oder das Autofahren in der Regel als Argumente akzeptiert werden, führen andere Erklärungen wie etwa

der Geschmack, die Angst vor einem Kontrollverlust, die Einhaltung des Mindestalters oder schlechte Erfahrungen oft zu Nachfragen und sozialem Druck. Dieses Unverständnis veranlasst manche Jugendliche dazu, Partys mit Alkoholkonsum zu meiden oder Strategien zu entwickeln, die ihren Alkoholverzicht verbergen, zum Beispiel indem sie lügen oder stets ein gefülltes Glas in der Hand halten.

Die Ergebnisse der Studie wurden an Organisationen weitergeleitet, die für Prävention in Schulen zuständig sind, damit sie in ihren Kampagnen auch die Möglichkeiten der Abstinenz besser sichtbar machen. «Der Verzicht auf Alkohol muss normalisiert, und alle Gründe zum Verzicht müssen als gute Gründe akzeptiert werden. Die abstinenten Jugendlichen müssen wissen, dass sie nicht allein sind», schliesst Yara Barrense-Dias. *Anne-Marie Trabichet*

L. Chok et al.: Non-drinking and social life in adolescence: a qualitative study in Switzerland. *Discover Social Science and Health* (2024)

## Vorsicht bei PVC-Recycling

PVC ist ein beliebtes Material, etwa für Bodenbeläge. Der Kunststoff lässt sich gut recyceln. Durch Zerkleinern entsteht ein Granulat, das auch für die Herstellung der mittleren Schichten von neuen PVC-Böden verwendet wird. Das Problem: Dadurch bleiben auch gesundheitsschädliche Substanzen aus früherer Produktion im Umlauf. In der Schweiz verkaufte PVC-Bodenbeläge enthalten etwa immer noch den seit 2020 verbotenen Weichmacher DEHP. Und zwar in Mengen über den erlaubten Grenzwerten, wie eine Analyse von Empa und ETH Zürich zeigt. Gemäss ihrer Modellierung wird dies noch über Jahrzehnte so bleiben – wenn das Recycling weiterläuft wie bisher. «Eine gute Lösung wäre es, das PVC vor dem Recyceln auf solche Substanzen zu testen», so Co-Autor Zhanyun Wang. *yv*

M. Klotz et al.: Increasing the Recycling of PVC Flooring Requires Phthalate Removal for Ensuring Consumers' Safety: A Cross-Checked Substance Flow Analysis of Plasticizers for Switzerland. *Environmental Science & Technology* (2024)

## Von Nervenpflasterchen

Ein winziges Stück Kunststoff wickelt sich um den Fortsatz einer Nervenzelle und fügt ihr dabei keinen Schaden zu. «Dies eröffnet **neue Möglichkeiten für die Neurowissenschaft**», sagt Postdoc Marta Airaghi Leccardi, die das Verfahren mit einem Mobilitätsstipendium am amerikanischen MIT entwickelt hat. Zum Beispiel könnten elektronische Komponenten in die nur wenige Mikrometer grossen Pflasterchen eingebaut werden. Einzelne **Nervenzellen könnten präzise und drahtlos stimuliert** werden. Denkbar sei vielleicht auch, damit einmal beschädigte Nervenzellen zu reparieren. *yv*

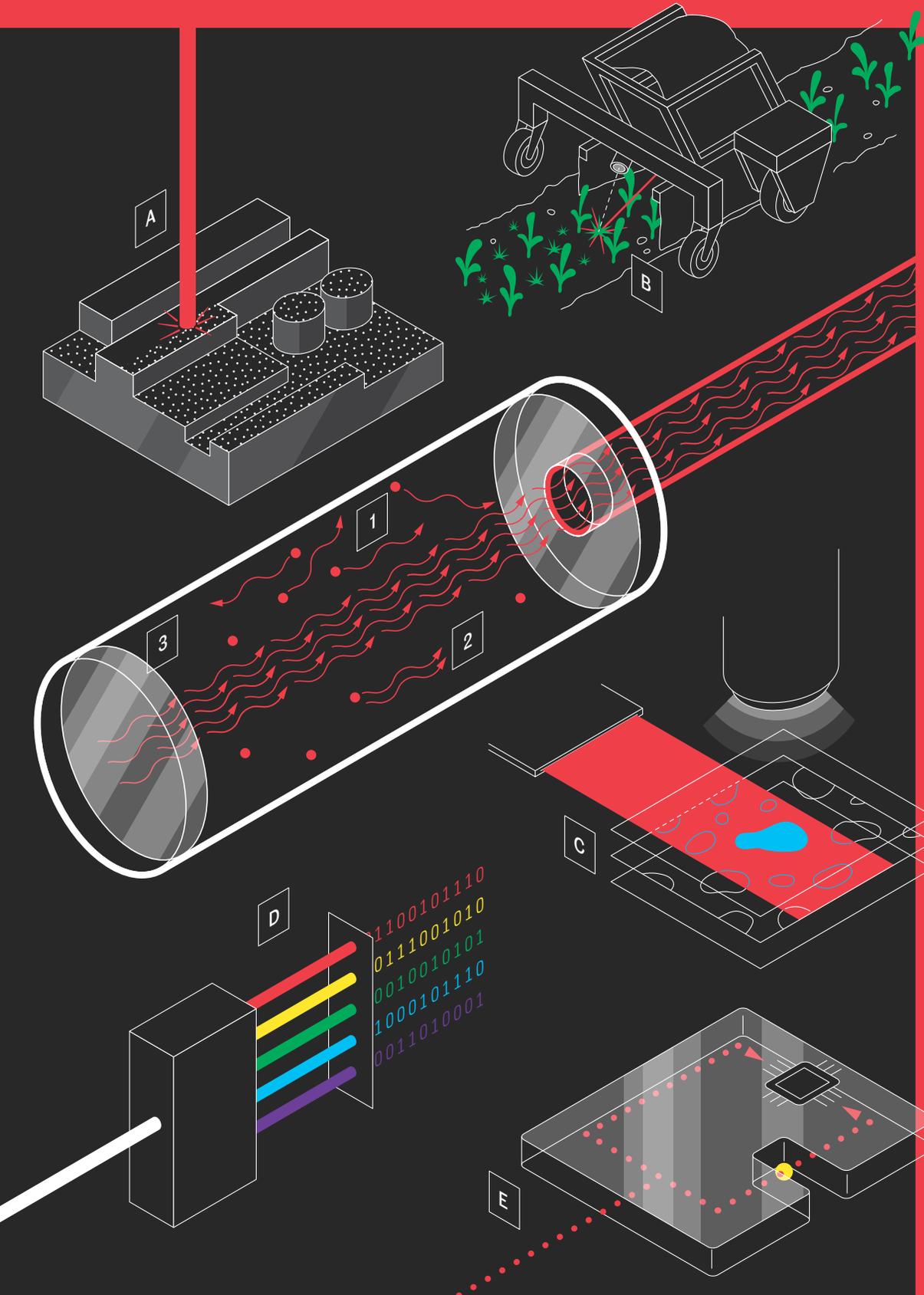
M. J. I. Airaghi Leccardi et al.: Light-induced rolling of azobenzene polymer thin films for wrapping subcellular neuronal structures. *Communications Chemistry* (2024)

Foto: M. J. I. Airaghi Leccardi et al. (2024)

# Die Allzweckwaffe Laserstrahl

Ungewolltes vernichten, filigrane Strukturen aufbauen und versteckte Informationen finden: Wie sich fünf Schweizer Start-ups die diversen Fähigkeiten von Lasern zunutze machen.

Text Florian Fisch Illustration Ikonaut



Ein Laser entsteht zum Beispiel in einem Kristall, dessen Atome durch Licht angeregt werden. Fällt eines in den Ruhezustand zurück, gibt es ein Photon einer bestimmten Wellenlänge ab (1). Trifft dieses auf ein weiteres angeregtes Atom, produziert dieses ein synchron schwingendes Photon, das in die gleiche Richtung geht (2). Zwei Spiegel sorgen dafür, dass sich die Photonen in dieser Ausrichtung multiplizieren (3). So entsteht ein starker, einfarbiger und synchroner Strahl für viele Anwendungen:

## A Im 3D-Drucker für Metall

Ein starker Laserstrahl kann Metallpulver genau an einer Stelle schmelzen und damit lagenweise komplexe 3D-Strukturen aufbauen. Das Spin-off der ETH Zürich A-Metal hat diesen Prozess vereinfacht.

## B Als Unkrautvernichter

Das ETH-Spin-off Catterra hat in Zusammenarbeit mit Agroscope einen Roboter gebaut, um Unkraut ohne Herbizide zu vernichten. Er erkennt es selbstständig zwischen den Nutzpflanzen und verbrennt es gezielt mit einem Laser.

## C Um Krebs effizient zu erkennen

In Mikroskopen ermöglichen Laser, Proben Schicht für Schicht zu durchleuchten und ein 3D-Bild zusammenzusetzen. Das Spin-off Imai der ETH Zürich hat einen Prozess entwickelt, um viele Gewebeproben aufs Mal mit den richtigen Färbemitteln dafür vorzubereiten.

## D Für mehr Daten

Wenn mehrere Laser übereinandergelegt werden, können Glasfaserkabel von Datenzentren effizienter genutzt werden. Das EPFL-Spin-off Enlightra entwickelt die für die Vereinigung und die Separierung der Farben benötigten Frequenzkämmen.

## E Bei Analyse im Mini-Glaschip

Cassio-P Alpha, ein Spin-off der EPFL, hat die Laseranalyse miniaturisiert: Ein Gerät, etwas grösser als eine Handfläche, schießt Billionstertelsekunden kurze Laserpulse in einen Glaschip, um etwa in der Feldforschung eine Probe direkt vor Ort zu analysieren.

Vollkommene Leere,  
Abwesenheit von  
allem, Blick in den  
Tod – wer versucht,  
sich dem Nichts  
zu nähern, stösst an  
Extreme. Das gilt auch  
in der Forschung.

**Atelier, verschluckt von schwarzen Löchern**  
Nichts zu fotografieren sei «rein theoretisch möglich, praktisch entstünden komplett schwarze Bilder», sagen Jojakim Cortis und Adrian Sonderegger. Ihre Kreisflächen sind echt, wurden also nicht erst mittels Bildbearbeitung produziert. Im Gegenteil: Sie wurden im Studio mit viel schwarzer Farbe an verschiedenen Orten aufgemalt. Dabei entstanden von der Umgebung losgelöste imaginäre Ebenen. Alles verschwindet scheinbar hinter den schwarzen Löchern – fast jedenfalls. Rückstände der Aktion sind übrigens auch im Atelier geblieben.



FOKUS: VON NICHTS KOMMT VIEL

# Die Leere, die nicht ist

Das vermeintliche Nichts zwischen den Galaxien ist voll von Materie und Energie – und enthält sogar den Schlüssel zum Schicksal des Universums. Reise zu den Grenzen der Vorstellungskraft und zurück.

Text Daniel Saraga Illustrationen Michael Raafaub

Um herauszufinden, ob es das Nichts gibt, muss man das unendlich Grosse und das unendlich Kleine betrachten. So ganz nebenbei begegnet man dabei den grössten Problemen der Physik und entdeckt verschiedene mögliche Schicksale des Universums. Die Definition von Vakuum ist die Abwesenheit von allem anderen. Wir können es jedoch nur verstehen, wenn wir alles verstehen. «Das Vakuum kann als eine Abstufung von Abwesenheiten gesehen werden, von der jede physikalische Theorie ihre eigene Vorstellung hat», sinniert Baptiste Le Bihan, Professor für Philosophie an der Universität Genf. Für Norma Sanchez, emeritierte Physikerin an der Université Paris Sciences et Lettres, ist «das Konzept des Vakuums nicht absolut, sondern es entwickelt sich ständig weiter».

Für Normalsterbliche ist ein Vakuum schlicht luftleerer Raum. Es ist nie vollkommen, enthält immer eine gewisse Anzahl von Luftmolekülen, findet aber viele Anwendungen, von der Konservierung von Lebensmitteln bis zur Herstellung von elektronischen Schaltkreisen (siehe Kasten unten rechts). Eine oft unterschätzte Eigenschaft des Vakuums ist seine Kraft: 1656 demonstrierte der deutsche Wissenschaftler Otto von Guericke, dass sich zwei Hälften einer Metallkugel mit einem Durchmesser von über 40 Zentimetern, aus der die Luft herausgepumpt wurde, auch durch zwei Gespanne von je acht Pferden nicht trennen liessen. Verantwortlich für diese Widerstandskraft ist der Luftdruck, der nur ausserhalb der Kugel und nicht in ihrem Inneren herrscht. Das Vakuum erhält hier seine Kraft aus dem es umgebenden Nicht-Vakuum.

Das stärkste Vakuum auf der Erde befindet sich in den Tunneln des Cern bei Genf. Der Druck ist dort tausend Milliarden – eine Eins mit zwölf Nullen oder  $10^{12}$  – Mal niedriger als in der Umgebungsluft. Das ist aber nichts im Vergleich zum Weltraum: Dort findet sich im Durchschnitt nur ein einziges Wasserstoffatom pro Kubikmeter. Die ausgeprägteste Leere des Kosmos ist noch zehnmal extremer und befindet sich zwischen den fadenförmigen Strukturen, den Filamenten des Universums, auf denen sich die Galaxien konzentrieren (siehe Kasten auf Seite 18 oben). Ein «echtes Vakuum» ohne jegliche Materie herrscht nur zwischen den im Weltraum isolierten Atomen. Neben sichtbarer Materie, die sich direkt mit Teleskopen beobachten lässt –

Sterne, Galaxien, interstellares Gas –, gibt es aber auch dunkle Materie, die zwar selbst nicht sichtbar ist, ihre Gravitationseffekte dagegen schon. Diese unsichtbare Masse wirkt wie eine Linse, die den Weg des Lichts krümmt. Wenn man diese Verkrümmung misst, kann man abschätzen, wie viel davon vorhanden ist: etwa fünfmal mehr als sichtbare Materie.

Nun könnte die Dichte der gesamten Materie abnehmen, wenn wir uns den Grenzen des Universums annähern. Dass dort ein ausgedehntes Vakuum anzutreffen wäre, findet Ruth Durrer jedoch unwahrscheinlich. Die emeritierte Professorin für Kosmologie an der Universität Genf führt aus: «Es gibt zwei Möglichkeiten: Entweder ist das Universum endlich, wie die Oberfläche einer Seifenblase. In diesem Fall gibt es keinen Grund, warum die Dichte abnehmen sollte. Oder es ist unendlich, wie ein Tuch ohne Rand. In diesem Fall legen die astronomischen Beobachtungen nahe, dass die Materie in unendlicher Menge vorhanden ist und sich gleichmässig über den Kosmos verteilt.»

### Wenn die Welt im Kältetod endet

Neben der sichtbaren und der dunklen Materie geht die Kosmologie von einer dritten Komponente des Universums aus: der geheimnisvollen dunklen Energie. Ihre genauen Eigenschaften sind unbekannt, das Konzept ist aber notwendig, um die Beobachtung zu erklären, dass sich unser Universum immer schneller ausdehnt – dass die Entfernungen zwischen den Galaxien mit der Zeit also immer schneller zunehmen. Eine mögliche Form der dunklen Energie wäre die kosmologische Konstante, eine abstossende und gleichmässig über den gesamten Kosmos verteilte Energiedichte. Sie erscheint in den Gleichungen der allgemeinen Relativitätstheorie von Einstein für ein Universum ohne jegliche sichtbare oder dunkle Materie. Sie entspräche folg-

lich der Energiedichte im Vakuum. Diese führt zu einer Expansion des Universums, wie bei einem Ballon, der aufgeblasen wird.

Und diese Energie des Vakuums könnte unsere ferne Zukunft bestimmen. Wenn die gesamte Energiedichte des Universums – die Materie ganz nach Einstein inbegriffen – unter einem bestimmten Schwellenwert liegt, ist der Kosmos wie ein unendliches Tuch und wird sich für immer weiter ausdehnen. Das ist das Szenario des Kältetods: ewige, vollkommene Dunkelheit, bevölkert von vereinzelt Atomen und sich immer weiter voneinander entfernenden toten Sternen.

Eine andere Möglichkeit wäre, dass sich die Expansion des Universums aufgrund seiner eigenen Gravitation verlangsamt und umkehrt, ähnlich wie eine Gewehrkegel, die in die Luft geschossen wird und zurückfällt, wenn die Erdanziehung die Oberhand gewinnt. Da der Kosmos in diesem Fall immer kleiner würde, rücken die Sterne näher zusammen, würden von schwarzen Löchern verschluckt, und das Universum würde in einem grossen Zusammenkrachen, der umgekehrten Form des Urknalls, enden. Bei diesem Seifenblasen-Szenario müsste die gesamte Energiedichte des Universums grösser sein als der kritische Schwellenwert. Wobei die dunkle Energie alleine einige hundert Mal schwächer sein müsste, als die bisherigen Beobachtungen vermuten lassen, erklärt Durrer. Daher ist es wichtig zu verstehen, woraus das Vakuum seine Energie schöpft.

Diese Suche führt direkt vom unendlich Grossen ins unendlich Kleine, ins Herz der Quantenphysik, welche die Welt der Atome und Elementarteilchen beschreibt. Dazu gehören Materieteilchen wie Elektronen und Protonen ebenso wie Kraftteilchen wie das Photon, das für den Elektromagnetismus verantwortlich ist. In dieser Theorie ist jedes Teilchen das Ergebnis einer Anregung des niedrigsten Energieniveaus, bei dem jegliche

---

### Was Vakuum alles kann

Luft mit sehr niedrigem Druck wird vielfältig angewendet. Die mechanische Kraft des Vakuums wird etwa in Staubsaugern genutzt. Das Absaugen von Luft **verhindert die Verunreinigung durch Mikroorganismen in abgepackten Lebensmitteln** oder durch Staub beim Ätzen von Mikrochips. Vakuum verhindert auch Luftwiderstand. Davon profitieren Raumsonden und **Projekte für ultraschnelle Magnetschwebebahnen in Vakuumtunneln** wie Swissmetro. Vakuum bietet zudem die bestmögliche Wärmedämmung. Diese Eigenschaft wird etwa bei Fenstern oder Thermosflaschen eingesetzt. Die veränderten Eigenschaften von Flüssigkeiten unter niedrigem Druck werden auch bei der Destillation oder beim Gefrieren genutzt. Im Vakuum werden auch **Weltraumtechnologien auf der Erde getestet**.

## Wie wenig übrig bleibt: Teilchen pro Kubikmeter

10 000 000 000 000 000 000 000 000	$10^{25}$	Umgebungsluft
100 000 000 000 000 000 000 000	$10^{23}$	Vakuumverpackung
1 000 000 000 000 000 000	$10^{18}$	Industriehochvakuum
10 000 000 000 000	$10^{12}$	Stärkstes Vakuum im Labor
10 000 000	$10^7$	Interplanetares Vakuum
10	$10^1$	Kritische Dichte des Universums (die seine ferne Zukunft bestimmt)
10	$10^1$	Mittlere Dichte des Universums (mit dunkler Materie und dunkler Energie)
1	$10^0$	Mittlere Dichte des Universums (nur sichtbare Materie)
0,1	$10^{-1}$	Intergalaktisches Vakuum

Teilchen abwesend sind. Doch auch die Energie dieses Vakuums ist nicht null, denn in der Quantenphysik «ist nichts vollkommen statisch», wie Physikerin Durrer in Erinnerung ruft. Nicht einmal das Vakuum. Gemäss der berühmten Heisenbergschen Unschärferelation kann ein Teilchen nicht vollkommen unbeweglich an einem bestimmten Ort sein. Das Vakuum erhält also Energie aus den unaufhörlichen Fluktuationen von Teilchen. Mehr noch: Diese Fluktuationen erzeugen ständig virtuelle Teilchenpaare, wie ein Elektron und ein Antielektron, deren Lebensdauer aber zu kurz ist, um beobachtet zu werden.

Dieses Quantenvakuum füllt also selbst die winzigen Räume zwischen den Atomen, zwischen den Elektronen und ihren Kernen oder sogar zwischen den Quarks, aus denen die Protonen bestehen, mit virtuellen Teilchen. Dass das Vakuum Energie enthält, wurde vielfach experimentell nachgewiesen, im Zusammenhang mit den zwischenmolekularen Kräften oder auch mit dem sogenannten Casimir-Effekt, bei dem auf zwei Metallplatten im Vakuum eine Kraft wirkt, die beide zusammendrückt. Diese Quantenenergie des Vakuums ist eine weitere Kandidatin für die kosmologische Konstante, das heisst für die Energie des Vakuums, wie sie im Kontext von Einsteins allgemeiner Relativitätstheorie beschrieben wird. Wäre da nicht ein kleines Problem: Theoretische Berechnungen ergeben einen viel zu hohen Wert. In Nachschlagewerken ist gar von der «schlechtesten theoretischen Vorhersage in der Geschichte der Physik» die Rede: Die Prognose ist  $10^{120}$  Mal grösser als die Schätzungen, die auf astronomischen Beobachtungen basieren – eine unvorstellbar grosse Abweichung.

«Dieser Fehler ist keineswegs so überraschend», schwächt Durrer ab. «Denn für die

Berechnung wäre eine Quantentheorie der Gravitation erforderlich, ein Ansatz, der Einsteins Relativitätstheorie und die Quantenphysik in Einklang bringt. Danach wird seit über einem Jahrhundert erfolglos gesucht.»

### Universum durch Nichts verschluckt

Die Stringtheorie ist ein Versuch, die Quantenphysik und die Relativitätstheorie zu vereinen. Durch die Berücksichtigung von Räumen mit zehn oder mehr Dimensionen führt sie noch weiter. In einigen Szenarien «würden beim Zerfall des Vakuums Dimensionen in sich zusammenfallen und verschwinden», erklärt Irene Valenzuela, Physikerin am Cern. «Aus diesen verschwundenen Dimensionen würden Blasen aus Nichts entstehen, die sich ausdehnen und schliesslich den Platz des Universums einnehmen.» Auch wenn die Stringtheorie Platz bietet für das Nichts, dieses wahrhaft leere Vakuum, bleibt sie abstrakt und wurde bisher durch keine Beobachtungen gestützt.

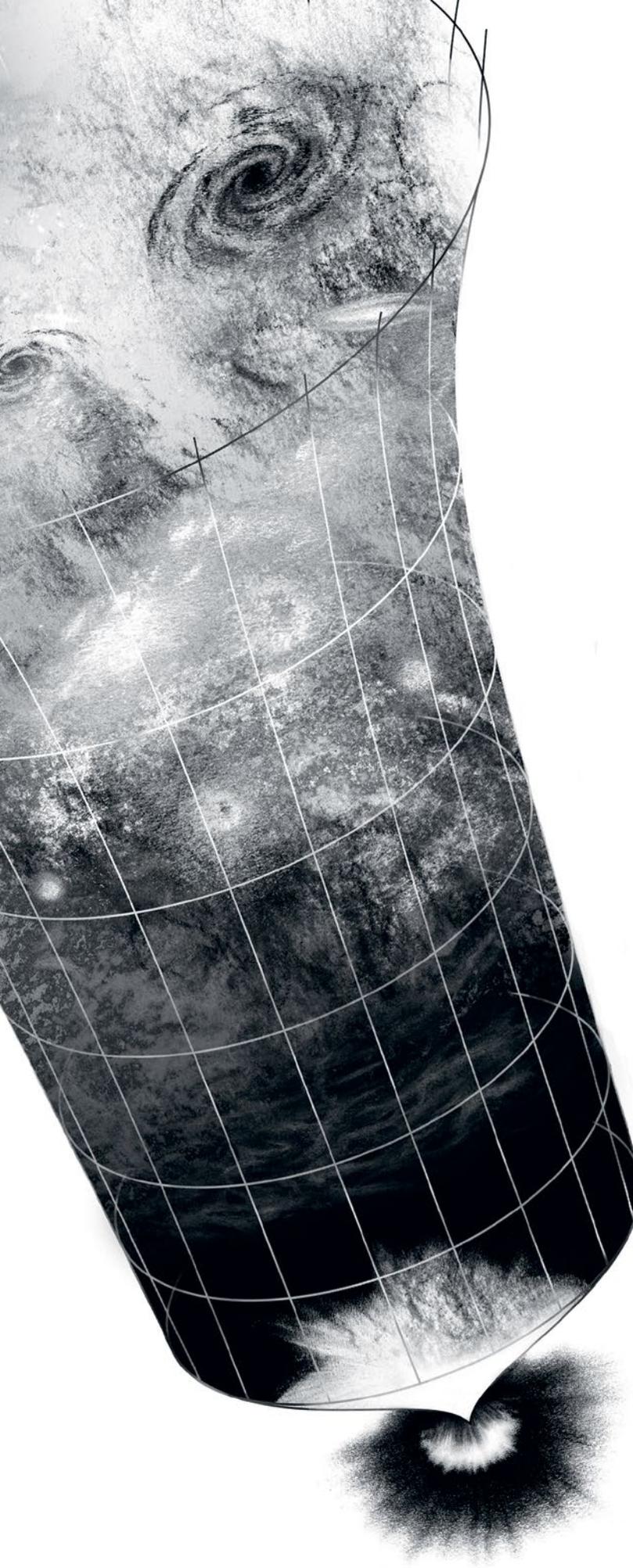
Die Teilchenphysik hält noch eine Überraschung bereit. Die Leere im Universum ist wahrscheinlich instabil – und damit alles, was darin enthalten ist. Denn die Energie des Higgs-Bosons, die allen Teilchen ihre Masse verleiht, könnte über einen grundlegenden Zustand verfügen. Ist dies der Fall, würde das Boson eines Tages in diesen Zustand übergehen, was seine Eigenschaften und damit die aller Teilchen verändern würde. «Sehr wahrscheinlich wären die Atome dann nicht mehr stabil», so Durrer. Unsere Physik und Chemie würden unmöglich, die gesamte Materie – Lebewesen, Planeten und Sterne – würde zu Elementarteilchen und Licht zerfallen.

Dieser Zerfall des Vakuums wäre «die ultimative ökologische Katastrophe», schrieb der Physiker Sidney Coleman 1980. Kleiner Trost: Aufgrund der Berechnungen ist davon auszu-

gehen, dass dieses Ereignis erst in  $10^{65}$  Jahren eintreten wird. Das ist viel länger als das heutige Alter des Universums ( $10^{10}$  Jahre) und lange nachdem die letzten Sterne erloschen sein werden.

Das Vakuum ist also wesentlich und keineswegs einfach leer. Während die Ansätze zur Erforschung des Vakuums eine Fülle potenzieller Apokalypsen bieten, ist der Ursprung des Universums eine andere Geschichte. Da selbst die Zeit des Universums zusammen mit dem Raum im Moment des Urknalls entstanden ist, kann es vorher nichts gegeben haben. Es gibt kein Davor. Vor demselben Paradoxon steht man, wenn man das Nichts auf den Raum ausserhalb des Universums ausdehnen will. Denn im Prinzip umfasst das Universum alles, was existiert. Es kann sich also nichts darum herum befinden. Und selbst das Konzept des Nichts im Sinne einer absoluten Leere «ist schwierig zu begreifen», meint Philosoph le Bihan. «Das Nichts steht für die Leere im philosophisch-ontologischen Sinn. Wenn es ein solches Nichts «neben» unserem Universum gäbe, müssten wir in der Lage sein, es zu lokalisieren. Dies widerspricht aber seiner Definition, die nicht nur die Abwesenheit jeglicher Materie und Energie, sondern auch jeglicher räumlicher oder zeitlicher Beziehungen bedeutet. In diesem Sinne würde ich sagen, dass das Nichts nicht existiert. Zumindest nicht in unserem Universum.»

Daniel Saraga ist freier Wissenschaftsjournalist in Basel.



# Die vielen Gesichter der Null

Die Ziffer für Nichtvorhandensein hat unterschiedlichste Funktionen. Eine kleine Geschichte der Abwesenheit.

Null kann mathematisch zunächst einmal bedeuten, dass eine Menge nicht mehr vorhanden ist, wie etwa die Anzahl der Äpfel, die uns bleibt, wenn wir alle weggegeben haben. Es dauerte eine Weile, bis dieses Konzept seinen Platz in der Wissenschaft fand: «Die Idee, die Abwesenheit einer Sache durch ein ähnliches Symbol darzustellen wie ihre Anwesenheit, ist nicht unbedingt naheliegend», erklärt Roy Wagner, Professor für Geschichte und Philosophie der Mathematik an der ETH Zürich. Im 7. Jahrhundert behandelte der indische Mathematiker Brahmagupta die Null als eigenständige Zahl, mit der man die üblichen arithmetischen Operationen durchführen kann. Aus «shunya» (altindischer Sanskritbegriff für «das Nichts») wurde im Persischen «sefr», insbesondere in den Werken des Gelehrten Al-Chwarizmi, und – wahrscheinlich – das altitalienische «zefiro», aus dem «zero» entstand.

Die andere wichtige Verwendung von Null in der Mathematik findet sich in der Stellenschreibweise einer Zahl, etwa für fehlende Zehner in der Zahl 1203. Die Null als Stelle hat eine gewisse Verwandtschaft mit der Null als Menge, aber nur eine begrenzte: Bei der schriftlichen Subtraktion mit Übertrag erhält sie vorübergehend den Wert zehn, was bei der Null als Menge nicht möglich ist.

Lange vor den römischen Zahlen und ihrer additiven Nummerierung (MCCIII) tauchten Stellenwertsysteme bereits vor 4000 Jahren in der babylonischen Mathematik mit einem Zahlensystem auf Basis 60 auf, ebenso später bei Archimedes. Zahlen wurden zunächst tabellarisch beispielsweise mit dem Abakus dargestellt, wodurch das Fehlen eines bestimmten Faktors durch eine einfache Leerstelle ausgedrückt werden konnte. Das Schreiben von Zahlen ohne Tabelle machte später die Einführung eines eigenen Symbols notwendig, das übrigens nicht immer mit dem Symbol für die Null als Menge identisch war.

Die Null hat noch weitere Verwendungszwecke. Sie findet sich auch in der Zählung wieder, wie bei der Uhrzeit, die um Mitternacht (00:00 Uhr) statt um eins beginnt. Die Architekten im alten Ägypten verwendeten die Null-Hieroglyphe, um geometrische Bezugspunkte bei Bauwerken anzugeben. Die Null taucht auch in der digitalen Welt auf, die Informationen mithilfe von 1 und 0 darstellt. Die Verwendung dieses Binärsystems in der Informatik geht auf die Boolesche Algebra zurück, die die formale Logik formalisierte. Indem sie Eins und Null mit wahren und falschen Aussagen verbindet, nutzt sie die Ähnlichkeit zwischen logischen Operatoren (und, oder) und Berechnungen, die mit den Zahlen 0 und 1 durchgeführt werden.

All diese Nullen stehen für unterschiedliche mathematische Konzepte. «Die Idee der Null zu verstehen bedeutet, zwischen diesen verschiedenen Kontexten navigieren zu können», betont Wagner. «Im Übrigen werden ständig neue Nullkonzepte entwickelt, einige haben Bestand und andere nicht.» Sind Null und Unendlich lediglich mathematische Objekte oder Teil der Welt? «Das Bezeichnende vom Bezeichneten zu trennen, scheint mir nicht hilfreich», antwortet der Philosoph. «Jedes Zeichen besitzt reale Materialität, und jeder Gegenstand hat eine symbolische Bedeutung. Schliesslich ist das Konzept eines Hammers genauso approximativ wie das Konzept der Null.» *dsa*

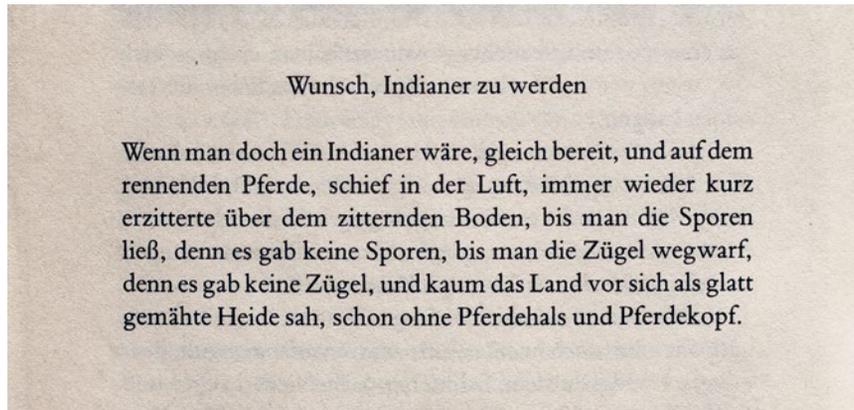




# Und doch bleibt etwas

Ein Text, der sich selbst auflöst. Ein Kunstwerk, das erst in seiner Vernichtung seine Vollendung findet. Wie Literatur und Kunst in die Erfahrung von Leere führen.

Aufgezeichnet von Judith Hochstrasser



## «Es ist ein einziges grosses Verschwinden»

Andreas Härter, Literaturwissenschaftler, Universität St. Gallen

«Wo man vom Nichts redet, ist das Nichts grundsätzlich nicht. Reden ist nicht Nichts. Literatur kann aber versuchen, das Nichts zu thematisieren. Oder es erfahrbar zu machen. Dieser Text von Franz Kafka probiert das. Wir haben ein Bild: den Wunsch, Indianer zu werden. Das ist ein Wunsch danach, befreit zu werden. Dieses Ideal vom freien Native American, wie wir heute sagen würden, ist aber kulturell festgelegt. Der Wunsch nach Freiheit fesselt sich daran. Doch das Bild beginnt im Text zu verschwinden: die Sporen, die Zügel, der Pferdehals, der Pferdekopf. Der Wunsch macht sich von seinem eigenen kulturell kodierten Bild frei. Und damit verstummt der Text. Aber wenn das Bild für den Freiheitswunsch verschwindet, was bleibt dann von diesem noch übrig? Der Wunsch verliert jede Konkretisierung, und das Subjekt des Wunsches bewegt sich in einen konturlosen Raum, in eine vollkommene Leere. Anders gesagt: Es verschwindet im Nichts. Als Leser bekomme ich eine Ahnung davon. Ich verschwinde zwar nicht selbst im Text, aber er führt mich relativ weit in eine Erfahrung von Nichts.

Im Grunde genommen ist der Text ein einziges grosses Verschwinden. Aber er lässt dies dann doch nicht richtig zu. Es gibt eine zweite Lesart: Historische Native Americans hatten keine Sporen zum Reiten. Das könnte nun einfach ein Fehler sein. Aber noch viel weniger passt die glatt gemähte Heide. Eine Prärie ist keine Heide. Diese unpassenden Elemente demontieren den Freiheitswunsch: Du bist halt doch kein Indianer! Gib den Freiheitswunsch auf! Und auch da bricht der

Text ab. Man kann die beiden Lesarten nun zusammenbringen: Die unpassenden Elemente bremsen den Freiheitswunsch und verhindern damit, dass das Subjekt verschwindet, weil seine kulturelle Prägung noch da ist und es damit gleichzeitig auch nicht im Nichts aufgehen kann. Wenn es aber noch da ist, ist es gefangen in der Welt, aus der es eigentlich gerne flüchten möchte. Bei Kafka sind das stets die gesellschaftlichen Zwänge, Institutionen, Normen. Also doch kein grosses Verschwinden. Der Text entscheidet sich meiner Meinung nach weder für das eine noch das andere, sondern hält genau die Spannung zwischen dem Wunsch und der Nicht-Erfüllbarkeit aufrecht.

Kafkas Figuren sind oft dabei, von bedrohlichen Mächten vernichtet zu werden. In der Novelle «Das Urteil» zum Beispiel wird der Sohn vom Vater zum Tod verurteilt. Im Roman «Der Prozess» wird die Figur verhaftet und am Schluss getötet. Im Text «In der Strafkolonie» wird die Hauptfigur in einer Maschine umgebracht. Und so weiter. Die Mächte, denen sich das Subjekt ausgeliefert fühlt, haben immer Vernichtungspotenzial. Da kommt also auch eine Form von Nichts.

Kafka hat übrigens ein Testament für seinen Freund Max Brod geschrieben. Darin steht, dass dieser sein Werk verbrennen soll. Das ist nichts anderes als die Selbstvernichtung als Autor. Auch ein Versuch, sich zu befreien. Auch ein Wunsch, der sich nicht erfüllt. Das Werk Kafkas verschwindet nicht im Nichts, sondern wird zum meist besprochenen Werk der deutschen Literatur des 20. Jahrhunderts.» jho

## «Zuerst musste eine Auslöschung stattfinden»

Hanna Hölling, Kunsthistorikerin, Hochschule der Künste Bern

«Dieses Graffiti-Tag ist heute nicht mehr zu sehen. Das Bild gehört zu den sehr seltenen Fotos von Arbeiten der Künstlerin Florence Jung. Die Geschichte dahinter: Am 6. Januar 2018 entdeckte ein Mitarbeiter der Basler Galerie Von Bartha den Schriftzug auf dem Fenster. Galerist Stefan von Bartha war gerade auf Reisen und sehr verärgert, als er darüber informiert wurde. Er teilte das Foto und seinen Unmut darüber auf Instagram, nach zwei Tagen liess er das Graffiti entfernen. Spulen wir zurück: Einige Monate zuvor hatte Jung eine Zusage zu einer Ausstellung in der Galerie gegeben, geknüpft an eine Bedingung: Der Galerist würde über das Werk nicht informiert werden, bis es realisiert ist. Jung versicherte ihm aber, dass er es erkennen würde, wenn es einmal da sei. Sie beauftragte dann eine Graffiti-Künstlerin, die das Tag über Nacht sprayte. In einer E-Mail vom 8. Januar erklärte die Künstlerin dem Galeristen, dass die Ausstellung aus dem entfernten Graffiti und einer Medienmitteilung bestand. Da ist schon der erste Sinn von «etwas fehlt»: Zunächst hatte die Interpretation, der Kontext gefehlt. Es handelte sich also bereits um eine Art von Leere, von Nicht-dasein. Und der zweite Sinn: Für die vollständige Realisierung des Werks «Jung 56» musste eine Art Auslöschung stattfinden.

«Jung 56» ist wie alle Werke der Künstlerin hyperkonzeptionell. Hier spielt sie mit Zuständen der Unsichtbarkeit, Wahrnehmungen und situativen Kontexten, mit Material- und Medienverweigerung. Dazu gehört auch, dass sie die emotionalen Spannungen aushält, die es auslöst. Man kann «Jung 56» aus der Perspektive des sogenannten performativen Paradigmas betrachten: Der Akt der Ausführung über Nacht wäre in diesem Sinn die Performance, das Graffiti das physische Überbleibsel, das für die Abwesenheit der Performance steht. Das Entfernen des Tags zeigt dann doppelt das Verschwinden. Es geht noch weiter: Jung arbeitet mit Bildverweigerung. Sie wünscht keine offiziellen Abbildungen. Auch nicht von ihrer Person. Heute werden performative Werke oft mit einem einzigartigen Event assoziiert. Wenn dieser nicht mehr da ist, versuchen Kunstinstitutionen an Ausstellungen, Biennalen und Festivals diese Leere mit Dokumentationen, Objekten, Fotografie, mit der ganzen materiellen Kultur zu füllen. Jung macht das Gegenteil. Sie lässt uns Leere erfahren in einer Welt, die überflutet ist von Bildern, Medien, Selbstdarstellung. Sie hält diesem Horror vacui stand und sagt: «Ich möchte das nicht. Ich möchte eine tiefe Auseinandersetzung in der Stille.» Diese Haltung wiederum lenkt unsere Aufmerksamkeit auf andere Formen der kulturellen Übertragung wie die Erzählung oder die Weitergabe einer Erfahrung.

Es gab noch mindestens zwei andere Manifestationen dieses Werks: eines davon auf der griechischen Insel Anafi. Weil es dort ungewollt mit dem Tod eines Bewohners assoziiert wurde, musste es schnell übermalt werden. Spätere Besuchende haben aber berichtet, dass die Aussage «etwas fehlt» durch die Farbschichten hindurchschien. Das ist eine wunderschöne Metapher: Für die vielen Schichten von Jungs Werk und für die Tatsache, dass es sich im Prozess des Verschwindens befindet, aber nie richtig unsichtbar ist. Leere per se geht nicht. Es ist immer etwas dort.» jho





# «Du möchtest sterben. Erzähl mir davon»

Was, wenn ein Mensch nur noch Leere fühlt oder sogar das letzte Nichts herbeisehnt. Emmy van Deurzen, existenzielle Psychotherapeutin, blickt mit ihren Klientinnen und Klienten in die Abgründe und zeigt ihnen, wie sie genau daraus Kraft holen können.

Text Ümit Yoker Foto Lily Miles

## **Emmy van Deurzen, Sie arbeiten mit Menschen, die Krieg und Katastrophen erlebt haben. Wie geht man damit um, wenn vom bisherigen Leben nichts mehr übrig bleibt?**

Als junge Therapeutin habe ich viel mit Holocaust-Überlebenden gearbeitet, später mit Menschen, die den Krieg in Vietnam erlebt haben, den Krieg auf dem Balkan, in Afghanistan oder aktuell in der Ukraine. Was ich immer wieder feststelle: Es gibt keine Formel. Manche Menschen gehen unfassbar intakt aus diesen Verlusten und Gräueln hervor und sind imstande, grosse Herausforderungen anzugehen und für sich ihre Bestimmung zu finden. Andere reagieren tief verstört.

## **Was ist bei den Menschen besonders, die verstört reagieren?**

Meist sind das Personen, die sich in einer passiven Rolle wiederfinden – Frauen etwa, deren Männer an der Front sind, die sich dem Schicksal vollkommen ausgeliefert fühlen. Existenzielle Krisen können aber auch ganz andere Gründe haben: Jemand hat seinen Job verloren, in sein Haus wurde eingebrochen, oder die Hoffnung in die globale Zukunft ist weg.

## **Sie arbeiten mit der existenziellen Psychotherapie. Diese will Menschen unterstützen, ihre Werte zu entdecken und einen Lebenssinn für sich zu finden. Dazu gehört auch der Blick ins letzte Nichts: den Tod. Warum ist das so wichtig?**

Hinter den anfänglichen Sorgen, die jemanden in eine Therapie bringen, verbergen sich meist ganz grundsätzliche Fragen: Wer bin ich? Wozu lebe ich? Wie gehe ich mit meiner Sterblichkeit um? Ich glaube, die meisten psychischen Probleme haben damit zu tun, dass uns der Zweck unseres Daseins abhandengekommen ist. Wenn wir uns diesen Fragen zuwenden, stellen wir bald einmal fest, dass wir die Antworten darauf selbst finden, mehr noch:



dass wir längst verbunden sind mit allem, was wirklich zählt im Leben, mit den Menschen, die uns am Herzen liegen, aber ebenso mit Ideen, Dingen, die uns wichtig sind, mit der Fähigkeit, das Leben zu verstehen und Schritt für Schritt freier zu leben.

### **Sie selbst mussten sich schon früh mit dem Sterben auseinandersetzen. Als Zehnjährige haben Sie nur knapp einen schweren Verkehrsunfall überlebt.**

Nach dem Unfall lag ich wochenlang mit sehr schweren Kopfverletzungen im Spital und durfte mich nicht bewegen. Ich erinnere mich gut daran, wie sehr sich die Menschen um mich herum sorgten, dass ich sterben könne. Ich selbst aber hatte weder eine Vorstellung vom Tod noch machte er mir Angst. Vielmehr sorgte ich mich, wie das Leben weitergehen würde: Hatte ich Verletzungen davongetragen, die einen normalen Alltag unmöglich machen würden? Von diesem Moment an war für mich persönlich klar: Sterben ist der einfachere Weg. Schwierig ist es, mit allem zu leben, was einem das Leben so vorsetzt. Ganz konkret wurde das für mich als Teenager mit gebrochenem Herzen. Damals versuchte ich, mir das Leben zu nehmen. Der Tod war für mich ein sicherer Hort, der mir Zuflucht bieten würde.

### **Wie wirken sich diese Erfahrungen auf Ihre Arbeit heute aus?**

Das Bild des Todes als sicherer Hort begleitet mich bis heute und gibt mir festen Grund, wenn ich mit suizidalen Menschen arbeite. Ich kann ein therapeutisches Gespräch führen, ohne das Gefühl zu haben, jemanden vom Suizid abhalten zu müssen. Ich kann der Person gegenüber sitzen und sagen: Okay, du möch-

test also sterben. Erzähl mir mehr davon. Ich bin meinem Gegenüber in diesen Momenten sehr nahe und vermag seine Verzweiflung auszuhalten. Der Mut von mir als Therapeutin, in ihre Abgründe zu schauen, überträgt sich auch auf meine Klientinnen und Klienten.

### **Was bedeutet das genau?**

Die Personen wagen es irgendwann, andere Wege als den Suizid zu ergründen, um dasjenige Leben loszulassen, das sie so tief ins Leid getrieben hat. Sie trauen sich, dem eigenen Tod direkt ins Auge zu blicken. Diese Verzweiflung, aber vor allem auch den grossen Mut, der für einen solchen Schritt nötig ist, können sie ebenso gut darauf verwenden, ihr Leben zu verändern. Zu dieser Erkenntnis möchte ich meine Klientinnen und Klienten führen. Es gibt immer etwas, das uns lieb und kostbar genug ist, dass wir es aus den Flammen holen wollen. Wir müssen nur wissen, wo suchen.

### **Depressionen werden oft als innere Leere beschrieben, manchmal auch als Fehlen jeglicher Gefühle.**

Selbst wo jegliche Emotion abwesend scheint, gelingt es mir meist innert weniger Minuten, eine Gefühlsregung auszumachen. Es gibt immer etwas, das uns frustriert oder irritiert – sei es das Essen, das uns vorgesetzt wird, oder der Hals, der schmerzt. Genau dort setzen wir Therapeutinnen und Therapeuten an.

### **Was heisst das?**

Wir erschliessen aus diesen alltäglichen Ärgerissen, Sorgen und Wünschen ganz langsam das gesamte Geflecht der menschlichen Existenz. Aus der Perspektive der existenziellen Therapie ist das Ausschlaggebende an einer

Depression: Ich habe mir mein Leben sehr, sehr klein gemacht. Ich gebe mir keinen Raum mehr für Gedanken an die Vergangenheit oder Fantasien über die Zukunft. Ich erlaube mir nicht mehr, mit allen Sinnen im Hier und Jetzt zu sein. Genau diese Prozesse sind es aber, die uns ausdehnen und unseren Platz in der Welt einnehmen lassen.

### **Im Bus habe ich oft den Eindruck: Kaum eine schaut mehr einfach aus dem Fenster und geht ihren Gedanken nach, jede hängt an ihrem Handy. Verlieren wir die Fähigkeit, einfach nichts zu tun?**

Wir leben alle diese übervollen Leben. Die Tage sind voller Ablenkungen und voller Alltagsprobleme, die uns irgendwann unüberwindbar scheinen. Wir denken dann, dass wir uns doch dauernd mit unserem Leben beschäftigen – dabei lenkt das meiste nur von der eigentlichen Frage ab: Was tun wir eigentlich hier? Denn das ist ja das Paradoxe: Erst wenn wir Leere zulassen und uns erlauben, offen zu sein, nicht zu wissen, nichts zu tun, sind wir ganz im Moment präsent. Das bedeutet, zu begrüssen, was auch immer im Leben geschieht, und uns nicht vor unseren Gefühlen zu verschanzen, welcher Art sie auch seien. Dann wissen wir auch wieder, wer wir sind, und werden uns gewahr: Es ist bereits alles da, in jeder und jedem von uns.

### **Laut einer breit diskutierten Studie der Universität Virginia von 2014 ziehen erstaunlich viele Menschen es vor, sich einen elektrischen Schock zu verabreichen, als mit sich allein zu sein. Diese Interpretation wird inzwischen auch kritisiert, doch eines scheinen alle problematisch zu finden: dass sich der untätige Geist stets dem nächsten Problem zuwendet, statt bei angenehmen Gedanken zu verweilen. Doch ist das so schlimm?**

Nach mehr als fünfzig Jahren als Therapeutin kann ich eine Prognose mit absoluter Gewissheit machen: So sicher, wie eines Tages der Tod kommt, stellt uns das Leben täglich vor neue Hürden. Doch wir sind dazu gemacht, Probleme anzugehen, kreativ zu sein, einfallreich. Das sollten wir ernst nehmen, statt zu versuchen, uns davor zu drücken. Vielleicht liegt der Sinn des Lebens ja genau darin: Dass wir uns nicht über die Schwierigkeiten und Rückschläge grämen, sondern sie annehmen und angehen und dies sogar auskosten, zeigt es uns doch: Wir sind am Leben.

---

## **Sie geht ans Eingemachte**

**Emmy van Deurzen** (73) ist existenzielle Psychotherapeutin, Philosophin sowie beratende Psychologin. Die gebürtige Niederländerin und Gastprofessorin führt mehrere Studiengänge an der Middlesex University und ist **Gründerin und Leiterin der New School of Psychotherapy and Counselling in London**. Sie betreibt eine eigene Therapiepraxis und ist Präsidentin des weltweiten Existential Movement.

**Die existenzielle Psychotherapie ist ein philosophisch fundierter Ansatz** in Beratung und Therapie, wie es im 2019 publizierten Wiley World Handbook of Existential Therapy heisst. Sie fragt: Wer bin ich? Wozu bin ich da? Wie gehe ich mit meiner Endlichkeit um? Die Therapieform liefert keine schnellen Lösungen. Sie fusst auf dem Verständnis, dass es Menschen **durch Mut und Bereitschaft, in die Abgründe des Lebens zu blicken**, gelingen kann, etwas aus der Zeit zu machen, die ihnen gegeben ist.

### **Brauchen Sie Hilfe oder Beratung?**

Dargebotene Hand, Telefon: 143. Mail und Chat: [www.143.ch](http://www.143.ch)

Ümit Yoker ist freie Journalistin in Lissabon.



# Wo Feministinnen neben Kirchenfrauen eingereiht sind

Die Pfarrfrau heiratete früher auch gleich den Beruf ihres Mannes. Wie sich deren Selbstverständnis über die Zeit verändert hat, kann Soziologin Ursula Streckeisen im Gosteli-Archiv untersuchen, wo seit über 40 Jahren Dokumente zur Frauengeschichte gesammelt werden.

Text Astrid Tomczak-Plewka Fotos Gabi Vogt

1



5

4

Wer in dieser 1884 erbauten Villa nach oben will, muss zuerst an den Frauen vorbei: Das Treppenhaus im Gosteli-Archiv in Worblaufen bei Bern ist mit grossformatigen Porträts geschmückt, darunter die Journalistin Agnes Debrit-Vogel, die Pädagogin Helene Stucki und die Anwältin und Politikerin Marie Boehlen, chronologisch nach ihren Geburtsdaten geordnet. Sie alle waren Vorkämpferinnen für die politischen Rechte der Frauen. Die Namensgeberin des Archivs, Marthe Gosteli, fehlt in dieser Reihe. Ihr Konterfei steht prominent im sogenannten Gosteli-Zimmer im ersten Stock, das gleichzeitig als Lesesaal wie als Bibliothek dient.

Nur einen Steinwurf von hier entfernt ist Marthe Gosteli, Jahrgang 1917, auf dem elterlichen Bauernhof aufgewachsen. Im Wohnstock, wo heute das Archiv untergebracht ist, lebte ihre Grosstante. Als Gostelis Vater Ende der 1950er-Jahre starb, übernahm Marthe zusammen mit ihrer Schwester und ihrer Mutter die Verwaltung des grossen Bauernguts in einer von Männern dominierten Welt. Ab den 1950er-Jahren engagierte sich Marthe Gosteli im Vorstand des Frauenstimmrechtsvereins Bern, ab 1968 unter anderem im Bund Schweizerischer Frauenorganisationen (BSF, heute Alliance F), den sie in verschiedenen eidgenössischen Kommissionen vertrat. 1982 gründete sie mit ihrem Erbe schliesslich das Archiv zur Geschichte der schweizerischen Frauenbewegung. Mit gutem Grund: Während behördliche Dokumente von Gesetzes wegen aufbewahrt

werden müssen, werden private Akten selten archiviert. In den staatlichen Archiven ist deshalb die damalige politische Betätigung von Frauen nicht abgebildet.

### Telefondienst selbstverständlich

In einem der getäferten Räume ist der Privatnachlass von Ursula Streckeisen zu finden: Sitzungsprotokolle, Flugblätter und so weiter zu den politischen Aktivitäten der «Radikalfeministinnen Bern-Fribourg-Biel», fein säuberlich in zehn grauen Kartonschubern abgelegt. «Sie waren Ende 1970er- und Anfang 1980er-Jahre Teil der neuen Frauenbewegung und lösten wichtige Diskussionen aus», erklärt Ursula Streckeisen, die selbst Soziologin ist. «Ich habe als aktives Mitglied die schriftlichen Materialien aufbewahrt und später ins Archiv gegeben.» Die emeritierte Professorin der Pädagogischen Hochschule Bern und Privatdozentin der Universität Bern ist gleich in doppelter Hinsicht eng mit dem Gosteli-Archiv verbunden: Zurzeit verbringt sie nämlich rund zehn Stunden wöchentlich als Forscherin in dem geschichtsträchtigen Haus und studiert dort Dokumente der 1928 gegründeten Pfarrfrauenvereinigung.

Streckeisen – selbst in einem klassischen reformierten Pfarrhaus aufgewachsen – will sich damit ein erstes Bild davon machen, wie sich das Selbstverständnis der Ehefrauen von Pfarrern im Lauf der Jahrzehnte gewandelt hat. Lange hielten es diese selber für naturgegeben, dass die Partnerin des Pfarrers als Mithelferin ganz an dessen Seite steht: sich nicht nur um Haushalt und Kinder kümmert, sondern auch in der Kirchgemeinde aktiv ist, im Pfarrhaus «Tür- und Telefondienst» übernimmt, wie es Streckeisen formuliert, und stets für Gäste und Hilfesuchende parat ist. Doch die gesellschaftliche Entwicklung – darunter Individualisierung, Veränderung des Geschlechterverhältnisses, Umweltthemen – erfasste auch die evangelisch-reformierte Landeskirche. 1983 veröffentlichte eine Gruppe von 19 Pfarrfrauen das sogenannte Grüne Papier mit fünf Modellen zur Rolle der Ehefrauen von Pfarrern. Darin wurde unter anderem gefordert, dass diese frei wählen können sollen, ob und wie sie sich im Amt ihres Mannes engagieren. Aus heutiger Sicht eine Selbstverständlichkeit, doch damals löste das Papier Kontroversen aus, auch von Pfarrfrauen halbes Kritik.

### «Eine Forschungslücke sondergleichen»

Auch Streckeisens Mutter war an der Ausarbeitung des Grünen Papiers beteiligt gewesen.

2



3

- 1 Rund ein Laufkilometer Akten legen im Gosteli-Archiv Zeugnis über die Frauengeschichte der Schweiz ab. Der grösste Teil stammt vom Bund Schweizerischer Frauenorganisationen (BSF, heute Alliance F).
- 2 Mit dem «Gammeter Multigraph» hat die Historikerin, Lehrerin und Redaktörin Frida Humbel ab 1952 die Zeitschrift «Die Besinnung» gedruckt. Rechts im Bilderrahmen ist die erste Petition für das Frauenstimm- und -wahlrecht von 1929 ausgestellt.
- 3 Soziologin Ursula Streckeisen war selbst Mitglied der «Radikalfeministinnen Bern-Fribourg-Biel» und forscht im Archiv zu Pfarrfrauen.
- 4 Insgesamt acht Mitarbeiterinnen kümmern sich heute um die Erfassung und Archivierung der Dokumente.
- 5 Sogar die handschriftliche Notiz einer Schülerin der Pflegerinnenschule Zürich gehört zu den archivierten Dokumenten.

1922 geboren, fügte sich die gelernte Kindergärtnerin nach ihrer Heirat mit einem Pfarrer zunächst in die vorgesehene Rolle. Später stieg sie aus dem Pfarrfrauendasein aber weitgehend aus, kehrte in ihren Beruf zurück, bildete sich weiter und engagierte sich schliesslich als SP-Kantonsrätin. «Ein solcher Weg war damals eine Ausnahme. Vielleicht habe ich sie mit meinem feministischen Engagement sogar ein bisschen beeinflusst», so Streckeisen.

Sie selbst hat unter anderem im Bereich der Professionssoziologie geforscht. Als klassische Profession gilt ein akademischer, typischerweise auf Männer zugeschnittener Beruf, der sich auf einen zentralen gesellschaftlichen Wert wie Gesundheit oder Gerechtigkeit bezieht. Wer ihn ausübt, ist für seine Klientinnen und Klienten eine Vertrauensperson. Der klassische Pfarrer ist ein typisches Beispiel. Im Gegensatz zu anderen Professionen gehören beim ihm aber auch das Pfarrhaus und die Pfarrfamilie dazu. «Es gibt eine Verquickung von Arbeits- und Privatleben», erklärt Streckeisen. «Die klassische Pfarrfrau heiratet also nicht nur einen Mann, sondern auch dessen Beruf, der Pfarrer heiratet nicht nur eine Frau, sondern auch eine künftige Mithelferin.» In diesem Verständnis ist das Pfarrhaus denn auch mehr als ein privates Wohnhaus, es umfasst Unterrichtsräume, das Studierzimmer des Pfarrers, und es gibt Platz für Besuche. «Weil die Pfarrfamilie als Vorbild beobachtet wird, gilt es zudem als sogenanntes Glashaus», so die Soziologin.

Rund zehn Jahre nach ihrer Emeritierung begann sich Streckeisen intensiver mit dieser Thematik auseinanderzusetzen, bei der «eine Forschungslücke sondergleichen» bestehe. Ausgangspunkt für ihre Arbeit war besagtes Grünes Papier. Ursprünglich wollte sie lediglich den Aufbruch der 1970er- und 1980er-Jahre ausleuchten, das Leben von zwei Vertreterinnen der Aufbruchgeneration beschreiben, die über ihr Leben publiziert hatten – eine davon ihre Mutter –, und die zugehörigen Debatten im Pfarrfrauenkollektiv aufarbeiten. Doch dann wurde im September 2024 die Pfarrfrauenvereinigung aufgelöst. Die Forscherin entschied, dieses Ereignis und das Selbstverständnis heutiger Ehefrauen von Pfarrern in ihre Studie einzubeziehen. «Es geht mir um den Blick dieser Frauen auf ihr Leben und die Einordnung in einen gesamtgesellschaftlichen Kontext», so die Soziologin.

Dafür führt sie offene Interviews und erstellt daraus Porträts. Ihre Gesprächspartnerinnen findet sie über persönliche Kontakte. Sie sucht auch noch einen oder mehrere Pfarr-

männer, die über ihre Erfahrungen berichten. Im Gosteli-Archiv erforscht sie in den Unterlagen der Pfarrfrauenvereinigung auch die neueren Diskussionen, nicht zuletzt diejenigen über die Auflösung der Vereinigung und die Zukunft der Pfarrfrauen. Am Schluss soll ein Buch oder eine Artikelreihe stehen. «Die Pfarrfrauen sollen sichtbar werden.» Dass Streckeisen selber mit dem Milieu vertraut ist, erleichtert ihr einerseits die Arbeit. «Andererseits muss ich besonders darauf achten, die Distanz zu bewahren», sagt sie. Das bereite ihr jedoch kaum Probleme: «Ich habe in forschungsbezogener psychoanalytischer Selbstreflexion Erfahrung.»

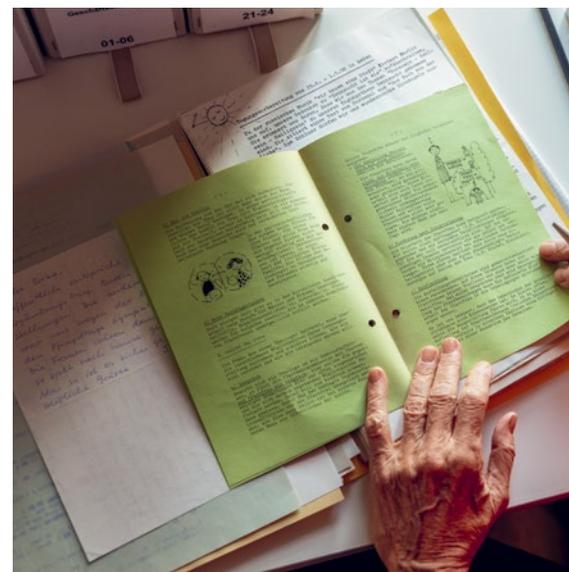
### Wider das Links-rechts-Schema

Frauen und ihre Geschichte sichtbar machen: Streckeisen handelt ganz im Sinne von Marthe Gosteli. «Ohne Geschichte keine Zukunft», sei ein Leitsatz der Archivgründerin gewesen, wie die Co-Direktorin des Gosteli-Archivs Simona Isler erzählt. Von der Vielfalt dieser Geschichte legt das Archiv ein beredtes Zeugnis ab: Insgesamt rund ein Laufkilometer Akten sind hier aufbewahrt. Dazu kommen die Bücher und Publikationen in den Regalen. Der grösste Bestand stammt vom BSF, der grösste Privatnachlass von der Schriftstellerin und Journalistin Katharina von Arx. Seit vier Jahren ist der Betrieb mit heute acht Mitarbeiterinnen öffentlich finanziert. Bis dahin hatte das Archiv nur wenig Ressourcen, weshalb noch nicht alle abgelieferten Dokumente bearbeitet werden konnten. «Wir haben noch viel zu tun», sagt Isler.

Und es gebe auch systematische Lücken. Als Beispiel nennt sie Organisationen von Migrantinnen. «Auch die Romandie ist unterrepräsentiert.» Das Archiv hat einen hohen Anspruch: «Wir bilden hier das ganze Spektrum der Frauenbewegung ab – darunter beispielsweise auch Gegnerinnen des Frauenstimmrechts.» In der Forschung habe das Archiv zuweilen auch das Image, die sogenannte alte, bürgerliche Frauenbewegung abzubilden, während die neue Frauenbewegung im Schweizerischen Sozialarchiv in Zürich ihre Heimat gefunden habe. «Doch die Frauenbewegung lässt sich nicht in ein Links-rechts-Schema pressen», betont Isler. Dafür stehen auch gleich die Beispiele Ursula Streckeisen – die Radikalfeministin – und Marthe Gosteli: Sie war Ehrenmitglied der SVP.

Astrid Tomczak-Plewka ist Redaktorin bei Horizonte.

6



9

«Die klassische Pfarrfrau heiratet also nicht nur einen Mann, sondern auch dessen Beruf, der Pfarrer heiratet nicht nur eine Frau, sondern auch eine künftige Mithelferin.»

Ursula Streckeisen

7



6 Rund zehn Stunden pro Woche verbringt Ursula Streckeisen zurzeit beim Aktenstudium im Gosteli-Archiv.

7 In der Villa, in der das Gosteli-Archiv untergebracht ist, lebte einst die Grosstante der Gründerin Marthe Gosteli.

8 Simona Isler, Co-Leiterin des Gosteli-Archivs: «Es gibt noch viel zu tun.»

9 Das Grüne Papier war ein wichtiger Meilenstein auf dem Weg zu einem neuen Selbstverständnis der Pfarrfrauen.



8

# Das mysteriöseste Element im All und auf der Erde

Wie Lithium auf die Erde kam, ist ein Rätsel, beim Abbau sorgt es für Verschmutzung und Streit, bei der Verwendung ist es nur schwer zu zähmen:  
Fakten über die widerborstige Schlüsselressource der Energiewende.

Text Hubert Filser

Die Geschichte des aktuell wohl begehrtesten Elements der Welt beginnt in den ersten fünf Minuten nach dem Urknall. Damals vor rund 13,8 Milliarden Jahren entstand das leichteste Metall des Universums: Lithium. Dabei weiss niemand so genau, wie die Schlüsselressource der Energiewende überhaupt auf die Erde kam. Nachgewiesen wurde Lithium erstmals vor rund 200 Jahren, in der Utö-Mine südlich von Stockholm. Auf der Erde selbst kann das Metall übrigens nicht entstanden sein, dafür braucht es so hohe Energien, wie sie nur im Weltall und im Inneren von Sternen vorkommen.

«Lithium ist eines der mysteriösesten Elemente des Universums», sagt Anna Frebel, Expertin für alte Sterne und die Frühphase des Weltalls am MIT. In seiner reinen Form ist das Element hochreaktiv, und bereits die ersten Sterne haben es mit ihren hohen Kerntemperaturen fast vollständig verbrannt. Trotzdem müsste sich heute laut Standardmodell für die Entstehung des Weltalls noch deutlich mehr Lithium im Universum befinden. Messungen weisen etwa Wasserstoff und Helium in der erwarteten Grössenordnung nach, Lithium aber zweibis viermal weniger als vorhergesagt. Warum? «Das wissen wir nicht», sagt die Astrophysikerin. Man nennt es das kosmologische Lithium-Problem.

## Nur ein kosmischer Unfall

Das Ganze beginnt schon mit dem Nachweis. Lithium lässt sich nicht wie Wasserstoff und Helium in den Gaswolken von Galaxien messen. Nur an der Oberfläche bestimmter Sterntypen können Astronomen es von der Erde aus beobachten. Aber auch dann sind die Signale in der Regel schwach.

Mit wenigen Ausnahmen: Corinne Charbonnel von der Universität Genf hat zusammen mit Frebel jüngst im Stern J0524-0336 eine tausendfach höhere Lithiummenge als bei vergleichbaren Sternen nachgewiesen. Ein Glücksfall, aber rätselhaft. Dem könnte ein einmaliger Prozess im Leben eines Sterns zugrunde liegen, schreibt Charbonnel in einem Paper. Gemäss dieser These wird eine kurze Zeit, etwa tausend Jahre lang, Lithium produziert. Es wäre wie ein Wimpernschlag im Leben eines Sterns, der Milliarden Jahre existiert. Danach verbraucht er das Metall vollständig.

«Nach dem Urknall gab es anders als bei anderen Elementen keine richtige Lithiumproduktion mehr», erklärt Frebel weiter. «Sein Entstehen erscheint eher wie eine Art kosmischer Unfall.» Bei vielen anderen Elementen auf der Erde könne man die Entstehung ziemlich genau bestimmen: Eisen stammt aus Supernova-Explosionen, Gold aus der Kollision von Neutronensternen, Barium von einer bestimmten Klasse alter Riesensterne. «Lithium dagegen ist wie ein glitschiger Fisch», sagt Frebel. Eine Vermutung aber gibt es, ein Phänomen, das

Forschende Spallation nennen: Hochenergetische Teilchen könnten auf ihrem Weg durchs Universum zufällig auf etwas schwerere Elementen treffen, die dann zu Lithium zerfallen. So könnte das Metall immer wieder mal entstanden und mangels Reaktionspartner in den endlosen Weiten stabil geblieben sein.

## Grosse Chance und grosser Zerstörer

Aber auch in diesem Fall bleibt die Frage: Wie ist es auf die Erde gekommen? Wieder Achselzucken bei Frebel. «Auch das wissen wir nicht», sagt sie. Als sich die Erde aus einer Wolke aus Gas und Staub bildete, muss darin jedenfalls auch das Lithium enthalten gewesen sein, das heute in Batterien genutzt wird. Es sank, als die Erde erstarrte, zunächst in tiefere Schichten ab, meist gebunden als Salz. Nur bestimmte geologische Bedingungen bringen es wieder näher an die Oberfläche. Daher kann es auch nur an wenigen Stellen abgebaut werden. Sechs Nationen – Argentinien, Bolivien, Chile, Australien, China und die USA – verfügen über rund 70 Prozent der bekannten Lithiumreserven. «So leicht kommt man an den wertvollen Rohstoff nicht ran», erklärt

Marc Hufty vom Geneva Graduate Institute. Es gebe zwei Abbauverfahren. Die Gewinnung aus hartem Gestein, wie sie vom Weltmarktführer Australien praktiziert wird, erfolgt im konventionellen Bergbau mit schwerem Gerät. Oft muss pro Kilogramm Lithium rund eine Tonne Granit zerkleinert und das Material mit teilweise aggressiven Chemikalien herausgewaschen werden. Bei der Lithiumgewinnung aus Salinen wie vor allem in Chile, Argentinien und China wird Sole aus der

## «Lithium bietet die Chance, auf den Zug des Wachstums aufzuspringen.»

Marc Hufty

Salzkruste gepumpt und in riesigen Becken durch Verdunstung an der Sonne konzentriert. «Beide Verfahren sind sehr ressourcenintensiv», so Hufty. Sie benötigen viel Energie und grosse Mengen Wasser. «Bei den Prozessen fällt auch viel Abfall an, Staub, Säuren, chemische Nebenprodukte und kontaminiertes Wasser.» Der Entwicklungsforscher hat die Probleme des Lithiumabbaus in Südamerika untersucht. Oft löst er Widerstand aus, wie etwa im Altiplano, in der Hochebene der Anden. Die Anwohnenden wissen inzwischen, dass unberührte oder nur in Subsistenzwirtschaft genutzte Landschaften meist weitgehend zerstört werden.

Das führt dort auch zu tiefgreifenden sozialen Veränderungen. Die lokalen Gemeinden seien gespalten: Einige akzeptieren den Abbau als Quelle von Einkommen, Lizenzgebühren und Arbeitsplätzen, andere lehnen ihn ab, weil er die Umwelt zerstört und althergebrachte Lebensweisen ändert. «Diese Brüche sind oft generationenübergreifend, da die Jüngeren von den neuen Konsummöglichkeiten angezogen werden», weiss Hufty. Lithium habe in Lateinamerika ähnlich wie



In diesem Becken in der argentinischen Provinz Catamarca verdunstet Sole für den Lithiumgewinn. Foto: Anita Pouchard Serra

früher das Erdöl eine grosse symbolische Bedeutung. Es biete die Chance, endlich auf «den Zug des industriellen Wachstums aufzuspringen». Eine Hoffnung, die sich jedoch oft nicht erfülle.

Gleichzeitig steigt weltweit der Bedarf. Lithium ist sehr leicht und will schnell Elektronen abgeben. Das ist für die Speicherung von Strom wie etwa in Akkus ein grosser Vorteil. Sogenannte Lithium-Ionen-Batterien sind derzeit die marktbeherrschende Speichertechnologie, sie kommen in Smartphones, Laptops und Elektroautos zum Einsatz. Dabei fließen Lithium-Ionen zwischen Anode und Kathode. Ihr Vorteil: Der Stromfluss beruht nicht auf chemischen Reaktionen, die die Elektroden zersetzen.

### Wettlauf um die beste Ionenbatterie

Der Grundstein für die Lithium-Ionen-Batterie wurde während der Ölkrise in den 1970er-Jahren gelegt. Basis dafür waren die Ideen dreier Forscher, die 2019 dafür den Nobelpreis in Chemie erhielten. Das Material ist jedoch nicht leicht zu bändigen. Vereinzelt auftretende Akkubrände sind ein Indiz dafür, wie wichtig es ist, die Reaktivität von Lithium zu zähmen. Mit Wasser oder Sauerstoff reagiert es derart schnell, dass es in der Natur fast nicht in seiner reinen, metallischen Form vorkommt. Wirft man einen Brocken Lithium ins Wasser, schwimmt dieser zischend hin und her und entzündet sich selbst. Um moderne Hochleistungsbatterien stabil zu machen, müssen die Forschenden viele Tricks anwenden: die Batterien etwa in Schichten aufbauen und so das Lithium räumlich immer wieder isolieren. Die chemischen Reaktionen in einer Batterie müssen auch deswegen derart kontrolliert ablaufen, damit sich die freiwerdende Energie bei der Entladung eben auch gezielt abgreifen lässt. Ali Coskun von der Universität Freiburg

forscht an neuartigen Batterien. Vielversprechende Kandidaten basieren auf der Kombination von Lithium und Schwefel als Elektrodenmaterialien. «Der eine grosse Vorteil ist die leichtere Verfügbarkeit von Schwefel», sagt der Chemiker. Schwefelsäure oder elementarer Schwefel lassen sich industriell sehr gut gewinnen. Der zweite Vorteil: Batterien mit Lithium-Schwefel-Zellen sind bis zu 40 Prozent leichter als Lithium-Ionen-Batterien und sogar bis zu 60 Prozent leichter als ebenfalls gebräuchliche Lithium-Eisenphosphat-Batterien.

Doch noch sind die Reaktionen teilweise sehr langsam. Coskun und sein Mitarbeiter Patrick Fritz investieren deswegen in die Grundlagenforschung. Aktuell liegen ihre Hoffnungen auf einem neuartigen Elektrolyt, dem Material zwischen Anode und Kathode im Akku. Eine wissenschaftliche Publikation dazu ist in Vorbereitung, ein industrieller Partner in Südkorea wird die neuen Batterien demnächst testen. «Bis zur Marktreife wird es aber noch fünf bis zehn Jahre dauern», sagt Coskun. Das Ganze sei auch ein Wettlauf. «Chinesische Firmen dominieren jetzt schon die Batterieproduktion weltweit, und auch in der Grundlagenforschung stammen inzwischen neun von zehn Veröffentlichungen aus China», sagt Coskun. Die einzige Chance für Europa sei es, noch innovativer zu werden. Umso wichtiger sei die Unterstützung der Grundlagenforschung etwa durch staatliche Förderer oder die EU. Trotz aller Rätsel um seine Herkunft und Herausforderungen bei seiner Ernte und Bändigung: Lithium wird auch in nächster Zeit das zentrale Element der Energiewende bleiben.

Hubert Filsler ist Wissenschaftsjournalist in München.

# Was all das Leuchten bringt

Die Fähigkeit, Licht zu erzeugen, wurde in der Geschichte des Lebens an die hundert Mal unabhängig voneinander erfunden. Ein Überblick über leuchtende Organismen in der Luft, im Boden und in der Tiefsee.

Text **Santina Russo**

## Maximaler Paarungsstress

Leuchtkäfer müssen einander schnell finden.

Die wohl bekanntesten biolumineszierenden Tiere sind die Leuchtkäfer – auch Glühwürmchen genannt. Was viele nicht wissen: Die Insekten verbreiten Licht, weil ihre Paarungszeit furchtbar kurz ist. So haben die Grossen Leuchtkäfer gerade mal vier Wochen Zeit, um sich zu paaren, bevor sie sterben. Denn anders als die Larven haben die erwachsenen Tiere keine Mundwerkzeuge und können nicht mehr fressen. Damit sie von den Männchen rechtzeitig gefunden werden, funkelt in der Nacht das Hinterteil der Weibchen. Bei einer anderen Art, den Kleinen Leuchtkäfern, irisieren nicht nur die flugunfähigen Weibchen, sondern auch die Männchen. Ihnen bleiben nur sieben Tage für die Vereinigung. Auch in der Schweiz tanzen sie Ende Juni, Anfang Juli in der Luft.

Erzeugt wird die Biolumineszenz auf chemische Weise: Luciferine, eine Gruppe von Molekülen, reagieren mithilfe des Enzyms Luciferase mit Sauerstoff und zerfallen. Dabei wird Energie in Form von Licht frei. Manche Glühwürmchen können damit ein rhythmisch pulsierendes Funkeln erzeugen. Das nutzen Räuber wie die asiatische Spinne *Araneus ventricosus*: Mit den Lichtsignalen gefangener Männchen lockt sie noch mehr Beute an.

## Ein schlauer Teamtrick

Fadenwürmer lassen ihre Opfer erstrahlen.

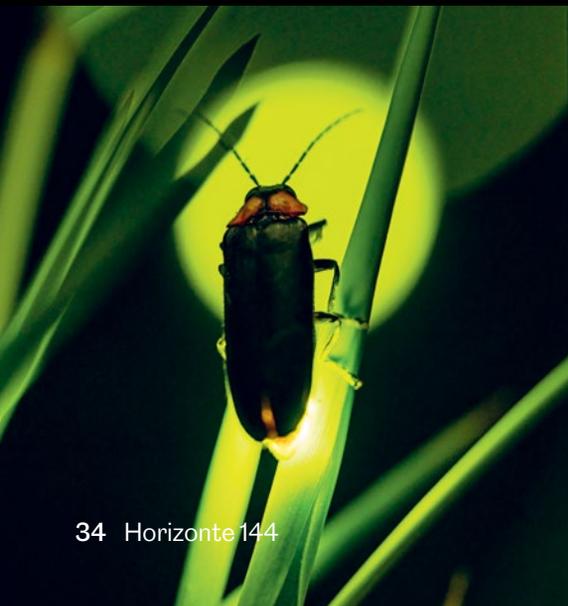
Im dichten Boden ist Biolumineszenz selten. Was sie dort für eine Funktion haben könnte, hat das Team von Ricardo Machado von der Universität Neuenburg an bestimmten Fadenwürmern untersucht. Diese leben in Symbiose mit leuchtenden *Photobacterium*-Bakterien. Zusammen greift das Team etwa Käferlarven an: Die Fadenwürmer dringen in die Insekten ein, wo ihre Bakterien Toxine produzieren, um die Beute zu töten – ein Festessen für die Fadenwürmer. Diese vermehren sich in den toten Insekten. Der Clou: Während der Vermehrung produzieren ihre Bakterien blaues Licht. So flimmern die Insektenkadaver. Den Grund dafür haben nun Machado und sein Team entdeckt. Sie schalteten die Biolumineszenzfähigkeit der Bakterien gentechnisch aus und beobachteten, dass damit auch deren Fähigkeit zur Symbiose mit den Fadenwürmern sinkt. «Die Partnerschaft ist also direkt an die Leuchtfähigkeit gekoppelt», sagt Machado. Und: Das Licht schreckt aassessende Käfer ab – gerade in der verletzlichen Vermehrungszeit. So sorgt das Leuchten für ihr Überleben.

## Sonnenlicht imitieren

Kalmar glitzert, um sich zu verstecken.

Am meisten leuchtende Tiere gibt es in den Ozeanen. Mindestens 75 Prozent der schwimmenden Meerestiere können lumineszieren. Das entdeckten Forschende um Séverine Martini vom Institut Méditerranéen d'Océanologie in Marseille mit Unterwasservideos, die sie während 17 Jahren aufzeichneten. «Im Meer leuchtet fast alles», sagt Martini, «man muss nur genau hinschauen.» Bei Meerestieren entsteht das Licht in abgeschlossenen Organen, meist durch Symbiose mit lumineszierenden Bakterien. Einige kleine Kalmar-Arten nutzen ihr Funkeln vermutlich, um sich zu tarnen, etwa *Abralia veranyi*, die genauer untersucht wurde. Die winzigen, auf dem Körper verteilten Lichtorgane verleihen ihnen ein glitzerndes Aussehen. Sie imitieren das Sonnenlicht im Wasser und kaschieren ihren Schatten, sodass sie für Räuber weniger sichtbar sind.

Andere Meerestiere kommunizieren über das Leuchten, wieder andere locken damit Beute an, etwa die Tiefsee-Anglerfische. So zumindest die Hypothese. Denn: «Die Funktion von Biolumineszenz ist nicht nur im Boden, sondern umso mehr bei Lebewesen der Tiefsee schwierig zu untersuchen», sagt Ricardo Machado von der Universität Neuenburg. Die Beobachtung ist sehr aufwendig, und ohne Kontrollgruppe, die kein Licht verbreitet, lassen sich Hypothesen kaum überprüfen. Klar ist: Biolumineszenz ist so weit verbreitet, dass sie biologisch wichtig sein muss.



## Auch für schillerndes Design

Pilz lockt für seine Sporen Fliegen an.

Wie bei anderen Landorganismen ist Biolumineszenz bei Pilzen selten. Von den insgesamt 100 000 beschriebenen Arten sind nur 122 selbstleuchtend, darunter auch die bei uns heimischen Hallimasche. Sie können mit ihren Pilzfäden Holz durchwuchern und zum Irisieren bringen. Mit Glück entdeckt man dies im Herbst, besonders auf Holz, das in feuchtem Laub liegt. Ein weiteres Phänomen ist das Fox-fire: Bestimmte Pilze wachsen auf verfaulendem Holz und lassen es mystisch grün aufscheinen. Forschende fanden Hinweise darauf, dass die Pilze mit dem Licht Insekten anlocken, damit diese die Sporen verschleppen, aber sicher ist das noch nicht.

Nutzen lässt sich das Leuchten dennoch, wie Empa-Wissenschaftler Francis Schwarze jüngst bewies: Er fand und erforschte einen besonders stark strahlenden Hallimasch, mit dem Ziel, dessen Leuchten zu kontrollieren. Inzwischen hat er Pilz-Holz-Hybride entwickelt, die sich über zehn Monate immer wieder zum Leuchten bringen lassen, indem die Feuchtigkeit des Holzes reguliert wird. «Damit wollen wir einen Mehrwert für das Holz schaffen, damit es künftig nachhaltiger genutzt wird», erklärt er. Bisher klappt das mit dem besonders leichten Balsaholz. Schwarze plant aber auch einheimische Laubhölzer auf diese Weise zu veredeln. Daraus könnten Möbel oder Designstücke entstehen, etwa ökologische Nachtlichter oder sogar Schmuck.

## Sie brachte es zum Nobelpreis

Qualle bringt sich selbst zum Fluoreszieren.

Aequorea victoria heisst sie. Die Qualle lebt im Pazifischen Ozean, vor allem vor der nordamerikanischen Küste. Ihr Einfluss reicht aber bis nach Stockholm, wo der Nobelpreis für Chemie verliehen wird. Im Gegensatz zu den allermeisten anderen lumineszierenden Organismen produziert diese Qualle ihr Licht nicht mittels des Luciferin-Luciferase-Mechanismus, sondern mithilfe eines Proteins namens Aequorin. Wird dieses durch Kalzium aktiviert, strahlt es blaues Licht aus. Dadurch leuchten die vielen kleinen Fortsätze am Rand des Quallenkörpers. Zusätzlich kann das Aequorin durch sein Strahlen ein weiteres Protein aktivieren, das Grün Fluoreszierende Protein (GFP).

Anders als bei Lumineszenz braucht es bei Fluoreszenz eine Anregung, damit das Leuchten entsteht. Das GFP etwa lässt sich durch blaues, aber auch durch UV-Licht anregen. Heute weiss man: Wird es im Labor an ein Protein gebunden, das man untersuchen möchte, zeigt das GFP unter UV-Strahlung an, wo sich das gesuchte Protein befindet. Für diese Entdeckung und die Untersuchungen des GFP hat Biochemiker Osamu Shinomura 2008 den Nobelpreis erhalten. Inzwischen ist das GFP zu einem unverzichtbaren Hilfsmittel in molekularbiologischen Labors weltweit geworden.

## Das Licht kam mit den Augen

Korallen leuchteten bereits vor Jahrmillionen.

Schon Aristoteles beobachtete vor über 2300 Jahren, dass lebende Organismen selbst Licht erzeugen können. In «De Anima» beschrieb er ein «kaltes Licht», das aus dem Meer kommt. Heute wissen wir, dass dieses Meeresleuchten von Bakterien stammt. Die Biolumineszenz selbst ist viel älter. Wie alt, ist durch eine Studie von 2024 klarer geworden. Darin hat ein internationales Forschungsteam die Evolutionsgeschichte von sogenannten Oktokorallen untersucht. Das Team analysierte einen umfangreichen Gendatensatz sowie Fossilienfunde der achtstrahligen Tiefseekorallen und entdeckte dadurch, dass diese ihre Fähigkeit zur Biolumineszenz vor etwa 540 Millionen Jahren bildeten – passenderweise zu einer Zeit, in der die ersten Tierarten Augen entwickelten. Zuvor galten die Ostrakoden, eine Gruppe von winzigen Krebstieren, als Biolumineszenz-Erfinder vor 267 Millionen Jahren. Gesamthalt haben Organismen aus über 800 Gattungen die Leuchtfähigkeit mehr als hundert Mal unabhängig voneinander entwickelt.

Santina Russo ist Wissenschaftsjournalistin in Zürich.



# Stab übergeben, Wettlauf geht weiter

Anfang 2025 hat Torsten Schwede das Präsidium des Forschungsrats im Schweizerischen Nationalfonds von Matthias Egger übernommen. Rückschau und Ausblick.

Interview Atlant Bieri Foto Fabian Hugo

## Matthias Egger, Sie waren acht Jahre als Forschungsratspräsident des Schweizerischen Nationalfonds (SNF) im Amt. Was war Ihr grösster Erfolg?

Der SNF hat sich erheblich weiterentwickelt, wobei Teamwork stets der Schlüssel war. Als grössten Erfolg sehe ich die Wandlung zu einer modernen, evidenzbasierten Organisation. Die früheren Strukturen stammten teilweise aus den 1970er-Jahren. Wichtige Neuerungen sind etwa, dass die Forschungsräte mehr Kompetenzen haben, über die politische Strategie des SNF zu bestimmen. Oder dass Hochschulen und andere wissenschaftliche Institutionen in der Delegiertenversammlung ihre Meinungen einbringen können. Bei der Vergabe von Fördergeldern orientieren wir uns an den Best Practices der Evaluation: Projektbewertungen und Förderentscheide werden getrennt, was den Prozess fairer und transparenter macht. Weiter soll inter- und transdisziplinäre Forschung mehr Beachtung finden. Bei solchen Projekten arbeiten Forschende verschiedener Disziplinen mit Fachleuten aus der Praxis, um komplexe Probleme wie nachhaltige Entwicklung anzugehen.

## Der SNF hat auf Ihre Initiative die eigene Förderarbeit wissenschaftlich untersuchen lassen. Was hat das gebracht?

Wir haben Studien wie die Career Tracker Cohorts gestartet, um die Entwicklung junger Forschender zu verfolgen. Ein weiteres Beispiel betrifft das Peer-Review. Die Analysen zeigen, dass männliche Gutachter Frauen eher kritischer bewerten als Männer. Frauen hingegen beurteilen männliche und weibliche Antragstellende weitgehend gleich. Diese Erkenntnis fliesst nun in das Training der Gremien ein, welche die Projekte evaluieren. Weiterhin arbeiten wir auch daran, mithilfe von künstlicher Intelligenz den Inhalt der Peer-Review-Berichte zu analysieren. Das Ziel ist es, die Qualität der Begutachtungen zu verbessern.

## Open Science war Ihnen ein grosses Anliegen. Sind Sie zufrieden damit, wo die Forschung hierbei steht?

Der Anteil der Open-Access-Publikationen aus vom SNF geförderten Forschungsprojekten konnte von 50 auf über 80 Prozent erhöht werden. Diese sind somit weltweit frei zugänglich. Dennoch bleibt ein grundlegendes Problem bestehen: Die Steuerzahler zahlen doppelt – einmal für die Forschung und ein zweites Mal für den Zugang zu den Ergebnissen. Derzeit übernimmt der SNF die Gebühren, die Forschende an Verlage für Open-Access-Publikationen zahlen müssen. Ich hoffe, der SNF kann sich daraus bald zurückziehen, damit diese Mittel direkt in die Forschung investiert werden können. Das Kernproblem liegt bei der Publikationsindustrie, die auf Prestige basiert und weiterhin hohe Preise verlangen kann. Diese Kultur, die den Namen des Journals über die Qualität und den Einfluss des eigentlichen Artikels stellt, muss sich ändern.

## Während der Pandemie hatten Sie als Leiter der wissenschaftlichen Taskforce eine zentrale Rolle. Was würden Sie heute anders machen?

Ich würde neben den damaligen zehn Expertengruppen eine zusätzliche Gruppe für politische Kommunikation und Analyse einrichten. Während der Pandemie wurde die konfliktträchtige Beziehung zwischen Wissenschaft und Politik deutlich. Forschende streben danach, Erkenntnisse zu gewinnen und darauf basierende Handlungsempfehlungen zu entwickeln. Politikerinnen hingegen vertreten klare Positionen und wollen andere davon überzeugen – dabei greifen sie wissenschaftliche Erkenntnisse oft selektiv auf. Diese Dynamik führt zu Spannungen zwischen Wissenschaft und Politik, zumal auch die Wissenschaft selbst nicht frei von Meinungsverschiedenheiten ist. Der Dialog zwischen Politik und Wissenschaft sollte auf jeden Fall intensiviert werden.



## Kampf gegen Infektionskrankheiten

**Matthias Egger** (67) ist Professor für Epidemiologie an der Universität Bern. Er fokussiert auf HIV/Aids und andere **Infektionskrankheiten sowie sozioökonomische Unterschiede im Gesundheitsbereich**. Während der Corona-Pandemie war er von März bis August 2020 der erste Leiter der wissenschaftlichen Covid-19-Taskforce.



## Digital die Proteine verstehen

**Torsten Schwede** (57) ist Professor für Strukturelle Bioinformatik an der Universität Basel und dem Swiss Institute of Bioinformatics. Mit seiner Forschungsgruppe entwickelt er **Methoden zur Modellierung von dreidimensionalen Strukturen von Proteinen** und deren Wechselwirkungen. Er war früher beim Pharmaunternehmen Glaxo-Smith-Kline tätig.

### **Torsten Schwede, seit 2025 sind Sie Präsident des SNF-Forschungsrats. Was ist Ihr wichtigstes Ziel für die kommenden Jahre?**

Ich möchte dazu beitragen, dass die Schweizer Forschung auch in Zukunft gute Rahmenbedingungen hat und weltweit an der Spitze mitspielt. Für den SNF und die Wissenschaft ganz allgemein wird der Umgang mit der künstlichen Intelligenz eines der wichtigen Themen sein. Der Nobelpreis 2024 in Chemie wurde für die Entwicklung eines Software-Algorithmus zur Vorhersage von dreidimensionalen Proteinstrukturen an Forschende aus dem Unternehmen Deepmind verliehen, eine Tochterfirma von Google. Einerseits zeigt sich darin das grosse Potenzial von KI, grundlegende wissenschaftliche Fragestellungen erfolgreich anzugehen. Andererseits wird aber auch die Herausforderung für die akademische Forschung deutlich, bei dieser kritischen Technologie mit der Industrie Schritt zu halten.

### **Der Bund will die Ausgaben für Bildung und Forschung um über zehn Prozent kürzen. Können Sie das verstehen?**

Die geplante Kürzung des jährlichen Budgets des SNF ab 2026 um über zehn Prozent wäre dramatisch für die Wissenschaft in der Schweiz. Projekte, die durch den SNF finanziert werden, haben eine Laufzeit über mehrere Jahre. Das Budget für das kommende Jahr ist heute also bereits zu etwa 80 Prozent zugesprochen. Eine zehnpromtente Einsparung des Gesamtbudgets müsste daher durch massive Kürzungen innerhalb der 20 Prozent der verbleibenden Mittel für Neuzusprachen erfolgen. Das wäre historisch einmalig – so etwas hat es in der Geschichte des SNF noch nie gegeben. Der Grossteil der Mittel des SNF wird für Gehälter ausgegeben, für die Anstellung von Doktorierenden und Postdocs etwa. Mit einer Kürzung spart man also genau am falschen Ort: bei den besten wissenschaftlichen Projekten und bei den jungen Forschenden am Beginn ihrer Karriere. Der Wohlstand

der Schweiz hängt massgeblich von gut ausgebildeten Fachkräften und innovativen Unternehmen ab.

### **In der Wissenschaft gibt es aktuell zwei prominente Ansprüche: die Diversität der Forschenden und die Förderung der Besten. Welche Möglichkeiten gibt es, das Dilemma zu lösen?**

Was am Schluss zählt, ist die Qualität der Forschung. Es ist auch im gesetzlichen Auftrag des SNF verankert, exzellente Forschungsprojekte zu fördern. Exzellenz ist jedoch multidimensional und kann sich auf ganz verschiedene Arten zeigen. Der SNF hat daher ein Modell entwickelt, das diese Vielfalt abbildet. Als lernende Organisation muss er kontinuierlich seine Evaluationskriterien und deren Auswirkungen auf die Diversität und die Qualität der geförderten Forschung überprüfen.

### **Öffentliche Ächtung, auch Cancel Culture genannt, kollidiert an den Universitäten mit Wissenschafts- und Redefreiheit. In Deutschland wurde eine Doktorandin als menschenverachtend angefeindet, weil sie einen Vortrag über Geschlechter in der Biologie halten wollte. Was sagen Sie einem Studenten, der ein solches Referat verhindern will?**

Ich kann nicht nachvollziehen, wenn sich Forschende gegenseitig nicht mehr ausreden lassen. Innerhalb der Hochschulen muss ein kritischer Dialog stattfinden – und dazu gehört, sich mit Meinungen auseinanderzusetzen, die man persönlich vielleicht für falsch hält. Das setzt aber einen Rahmen voraus, welcher der wissenschaftlichen Erkenntnisfindung dient. Die Situation ist anders gelagert bei Personen, die extreme politische Ansichten vertreten und sich wissenschaftlichen Argumenten verweigern. Ich würde solchen Leuten keine Plattform geben – wir lernen dabei nichts Neues und schaden dem Ansehen der Institutionen.

Atlant Bieri ist Wissenschaftsjournalist in Pfäffikon (ZH).



Irgendwo am Rand von welchem Land eigentlich? Ein Biosphärenreservat mitten in der Karpatenukraine im Jahr 2019. Foto: Dimatrofimchuk / Wikimedia Commons

## Im Westen ständig Neues

Die Karpatenukraine, der westlichste Teil der heutigen Ukraine, war zeitweise heftig umkämpft: Zwischen den Weltkriegen hat die Region so viele Staatenwechsel wie kein anderes Gebiet in Europa erlebt. Wie die Bevölkerung damit umging, erforscht derzeit ein Team der Universität Bern.

Text Christoph Dieffenbacher

Langgezogene Bergketten mit dichten Wäldern, abgelegene Täler, unten in der Ebene Äcker und Felder: Das Gebiet um die Karpaten im äussersten Westen der heutigen Ukraine, grenzend an Rumänien, Ungarn, die Slowakei und Polen, ist knapp so gross wie ein Drittel der Schweiz. Es galt von jeher als peripher und war dennoch stets äusseren Einflüssen ausgesetzt. Zu Beginn des russischen Angriffs auf die Ukraine zogen zahlreiche Flüchtlinge durch die Region. Heute ist auch sie immer wieder von mehrstündigen Stromausfällen betroffen.

Die Karpatenukraine, auch als Transkarpatien bekannt, bildet die Heimat verschiedenster Bevölkerungsgruppen, die das Gebiet im Lauf der Zeit besiedelten: Ruthenen – eine seit dem 19. Jahrhundert geläufige Bezeichnung für ostslawische Gruppen ausserhalb Russlands –, Ukrainerinnen, Ungarn, Deutsche, Ru-

mänen, Polinnen, Juden, Roma sowie Slowaken und Tschechen. Das Leben in dieser Region, lange Teil von Österreich-Ungarn, verlief vor dem Ersten Weltkrieg relativ ruhig.

Doch dann wechselten die Besatzungsmächte in rascher Folge: Rumänische, ungarische, französische und tschechoslowakische Truppen lösten sich ab, bis das Gebiet 1920 der eben gegründeten Tschechoslowakei übertragen wurde. Nachdem sich Ungarn im November 1938 Teile der Region wieder einverleibt hatte, riefen lokale Akteure am Tag der Zerschlagung der Tschechoslowakei 1939 eine unabhängige Karpatenukraine aus – die jedoch nur 27 Stunden lang bestand. Die Region kam unter ungarische Herrschaft, wurde mit der Ankunft der Roten Armee wieder der Tschechoslowakei und schliesslich 1946 der Ukrainischen Sozialistischen Sowjetrepublik zugesprochen. «Nirgends in Europa gab es

zwischen den Weltkriegen so viele Grenzverschiebungen und Staatswechsel wie hier», sagt Julia Richers, Osteuropa-Historikerin und Professorin an der Universität Bern. Die Bevölkerung musste bis zu 17 militärische Besetzungen über sich ergehen lassen, und das in nicht einmal drei Jahrzehnten. Viele erlebten einen sechsfachen Staatswechsel – manche sogar, ohne je ihr Heimatdorf zu verlassen. Im Gespräch zitiert Richers ein weit verbreitetes Bonmot aus jener Zeit: «Nicht die Menschen gingen über Grenzen, die Grenzen gingen über die Menschen hinweg.»

Nach welchen Plänen gingen die wechselnden Machthaber bei ihren Besetzungen vor? Wie wirkten sich die ständigen Regierungswechsel auf den Alltag und das Zusammenleben der Bevölkerung aus? Und wie gingen die einzelnen Menschen mit den Veränderungen um? Solchen Fragen will ein Forschungs-

team um Richers auf drei Ebenen nachgehen: aus Sicht der staatlichen Akteure, der verschiedenen sozialen Gruppen und – nicht zuletzt – der betroffenen Individuen.

### **Briefe, Tagebücher, Fotoalben, Filme**

«Die Zwischenkriegszeit ist in dieser Region nur sehr spärlich erforscht, und vieles liegt noch völlig im Dunkeln», sagt Richers. Das Projekt in Zusammenarbeit mit ukrainischen Forschenden steht noch am Anfang, es soll 2027 abgeschlossen werden. Um Antworten auf ihre Fragen zu erhalten, suchen die Wissenschaftlerinnen derzeit nach Dokumenten in staatlichen und privaten Archiven und Sammlungen: Sie studieren Lebensläufe und Nachlässe, lesen Briefwechsel und Tagebücher, konsultieren Gerichts- und Polizeiakten, aber auch Fotoalben, Filmmaterial und Tonaufnahmen von Zeitzeugen. «Wir sehen bereits jetzt, wie stark diese scheinbar so abgelegene Region von den Nachbarstaaten geprägt wurde», so die Historikerin. Besonders wichtig ist ihr, die Forschung mehrsprachig zu betreiben: unter anderem in Russisch, Ukrainisch, Ungarisch, Rumänisch, Tschechisch, Slowakisch und Jiddisch. Denn mehrsprachig, das heisst immer auch: aus verschiedenen Perspektiven.

Wie die Tschechoslowakei das Gebiet nach dem Ersten Weltkrieg in Beschlag nahm, untersucht zum Beispiel Doktorandin Berenika Zeller. Die Prager Regierung startete damals ein ehrgeiziges sogenanntes Modernisierungsprogramm: Strassen und Schienen wurden gebaut, Telefonleitungen installiert, Grenzwachtposten, Schulen und Spitäler errichtet. Der Staat schickte Tausende von Beamten, Krankenschwestern, Geografen, Polizisten und Lehrerinnen in die Karpaten, die sich dort niederliessen. Ziel war es, die Region für die tschechoslowakische Republik einzunehmen, sie in den neuen Nationalstaat zu integrieren – gleichzeitig aber auch, sie zu kontrollieren. Die von oben verordnete Sicherheitspolitik führte in der örtlichen Bevölkerung wiederholt zu Widerstand: «Lehrer verweigerten den Treueschwur auf die neue Republik, andere protestierten gewaltsam gegen Steuereintreiber und Gendarmen», so Zeller.

Untersucht wird im Projekt auch die Situation der Mehrheitsbevölkerung, der ostslawischen Ruthenen. «Trotz ihrer zahlenmässigen Stärke wurden sie von den Besatzenden allzu oft wie eine Minderheit behandelt», konstatiert Doktorandin Michèle Häfliger. Jede neue Regierung habe versucht, diese Bevölkerungsgruppe für sich zu gewinnen, und tat dies meist gezielt mittels Propaganda. Das zeige

sich etwa in Dokumenten von Parteien, Vereinen, Kirchen, Schulen und anderen Organisationen. Die staatlichen Bemühungen hatten nicht immer Erfolg, wie Häfliger sagt: «Viele Menschen lebten in solch ärmlichen Verhältnissen, dass sie eher mit alltäglichen Sorgen kämpften, als sich mit so etwas wie Nationalbewusstsein zu beschäftigen.»

Unter starkem Druck stand ausserdem die jüdische Bevölkerung, die in den urbanen Zentren, aber auch in abgelegenen Dorfgemeinschaften lebte. «Bei jedem Staatenwechsel unterstellten die neuen Machthaber gerade den Juden und Jüdinnen, sich nicht genügend zu integrieren, sich illoyal zu verhalten oder gar für fremde Mächte zu spionieren», erklärt Richers: «Diese Vorwürfe ziehen sich wie ein roter Faden durch diese Zeit.» Im Lauf der Geschichte habe die jüdische Bevölkerung gelernt, dass grosse Veränderungen selten Gutes bedeuten. Mit der multiethnischen Nachbarschaft scheint man weitgehend friedlich zusammengelebt zu haben, während es unter den Mitgliedern verschiedener jüdischer Glaubensrichtungen zu Spannungen kam.

Dass die Grenzen zu den Nachbarregionen wohl durchlässiger waren, als deren Regierungen lieb war, belegen erste Hinweise: Heiraten über die Grenzen hinweg waren keine Seltenheit, ebenso wenig weit verzweigte Familienbeziehungen und wechselnde Vereinszugehörigkeiten. Wer sich nicht anpassen musste oder wollte, zog sich zurück und wartete erst einmal ab, bis der nächste Regierungswechsel kam. Diese Haltung wirkte sich für einzelne Bevölkerungsgruppen verhängnisvoll aus – besonders für die jüdische. Viele versuchten zwar auszuwandern, aber erst, als es bereits

zu spät war. Im Holocaust wurden rund 90 Prozent der jüdischen Bevölkerung der Karpatenukraine ermordet.

«Die Menschen in Grenzregionen sind sich meist bewusst, dass sie bei kriegerischen Auseinandersetzungen besonders gefährdet sind», erläutert Richers. Ihr neu entwickeltes Konzept der «Border Biographies» will die Geschichten der Menschen aus solchen Gebieten in den Mittelpunkt rücken und ihre lebensweltlichen Erfahrungen untersuchen. Gerade in Ostmittel- und Osteuropa liessen sich mit diesem Konzept die komplexen historischen Zusammenhänge besser verstehen. Die traditionelle Geschichtsschreibung nehme meist die Perspektive der Nationalstaaten und deren Machtinteressen ein: «Wir dagegen fragen uns, wie die Geschichte der Grenzen und wechselnden Besatzungen die Menschen vor Ort prägte.»

### **Dreisprachiger Lebensmittelladen**

Was haben die politischen Veränderungen der Zwischenkriegszeit in der Karpatenukraine zurückgelassen? Sind überhaupt noch sichtbare Spuren geblieben? Eine direkte Verbindung zwischen den damaligen Ereignissen und heute lasse sich kaum ziehen – zu viele ethnische Vertreibungen habe es seither gegeben, hält Richers fest. Und doch gibt es Details, die die Jahrzehnte überdauert haben: So entdeckte die Historikerin in der Stadt Užhorod an der Grenze zur Slowakei einen kleinen Lebensmittelladen, der noch immer dreisprachig, in Ukrainisch, Ungarisch und Tschechisch, angeschrieben ist – ein Überrest aus wechselhaften Zeiten.

Christoph Dieffenbacher ist freier Journalist in Basel.



Foto: Paměť národa

Schulfeier mit Tanz in der Karpatenukraine der 1930er-Jahre.

# Wie es den Forschenden auf der Leinwand ergeht

Machen Sie es sich gemütlich auf dem Sofa oder dem Kinosessel: Die Horizonte-Redaktion rezensiert zwölf aktuelle Serien und Filme, in denen sich alles um Labore, Erkenntnisse und die ganz grossen Fragen dreht.

Texte Florian Fisch, Judith Hochstrasser, Sophie Rivara und Astrid Tomczak

## Menschheit in 400 Jahren ausgelöscht

Science-Fiction-Serie **3 Body Problem**, Netflix (2024)

«Ich verstehe nicht, warum die Wissenschaft kaputt ist.» – «Ich verstehe es auch nicht. Aber es ist nicht gut. Sei froh, dass du keine Wissenschaftlerin bist. Es ist eine Scheisszeit für sie.» So weit ein Dialog zwischen zwei Ermittlern in der ersten Folge der US-amerikanischen Serie «3 Body Problem». Die Teilchenbeschleuniger weltweit liefern nur noch Daten, die allen Gesetzen der Physik widersprechen. Mehrere Forschende begehen Suizid. Irgendetwas läuft so richtig falsch.

Ein abgehalfterter, aber schlauer Polizist sowie fünf junge Physik-Nerds, die einst zusammen in Oxford geforscht haben, versuchen herauszufinden, was los ist. Dies auch mithilfe eines Videospieles mit überirdisch guter Immersion. Irgendwann wird klar: Das Problem ist gigantisch. Ausserirdische werden in 400 Jahren die Erde überfallen, um das Ungeziefer Mensch auszulöschen. Forschende sind mitverantwortlich für die Rettung der Menschheit. Dabei hat eine von ihnen die fremden Mächte erst gerufen und damit den drohenden Untergang



eingeleitet. Ein ambivalenter Einfluss der Wissenschaft auf das Schicksal des Planeten, fast wie in Realität.

David Benioff und D. B. Weiss, die beiden Showrunner von «Game of Thrones», haben «3 Body Problem» auf Basis des ersten Teils der Trilogie «Trisolaris» entwickelt. Auch hier beweisen sie Händchen für das Erzählen komplexer Zusammenhänge. Den Schauplatz des Romans des chinesischen Schriftstellers Liu Cixin haben sie zwar weitgehend nach England verlegt, sie zollen der Herkunft der epischen Geschichte aber Tribut, etwa indem einige der wichtigsten Charaktere aus China stammen. Die Hauptfiguren werden der Buchvorlage jedoch nicht gerecht. Zwar sind sie darin weniger fassbar, dafür aber weit weg von Klischeevorstellungen. Für die Serie wurden viele von ihnen zu jungen, sehr schönen Personen mit maximaler Diversität umgeschrieben. Ein wenig des Guten zu viel. *jho*

## Kettenreaktion von Atombombe zu Leukämie

Historischer Thriller **Guardians of the Formula**, im Kino (2023)

Der vom Serben Dragan Bjelogrić produzierte Spielfilm erzählt eine wahre und doch weitgehend unbekannt Episode des Kalten Krieges: 1958 landen vier jugoslawische Wissenschaftler in Paris, um sich dort behandeln zu lassen. Sie kommen direkt aus dem Kernforschungsinstitut in Vinča bei Belgrad, wo sie bei einem schiefgelaufenen Experiment tödlichen Strahlendosen ausgesetzt waren. Ihre Behandlung wird zu einem entscheidenden Schritt in der Entwicklung der Knochenmarktransplantation, mit der heute bestimmte Arten von Leukämie behandelt werden können. Dabei stellen sich ethische Fragen, da an Menschen experimentiert wird – mit potenziell tödlichen Folgen auch für die gesunden Spender. Verkompliziert wird die Geschichte durch die Verbindungen zur geheimen Suche nach der Atombombe.

Der Film kombiniert eine durchschaubare politische Intrige mit einem medizinischen Thriller und tut dies mit anregender Ambivalenz: Im Mikrokosmos der Kranken und Helfenden pendeln die Beziehungen zwischen menschlicher Zärtlichkeit und wissenschaftlicher Kälte. Das Drehbuch betont die Parallelen zwischen den Hauptprotagonisten, dem Arzt Georges Mathé und dem verstrahlten Atomphysiker Dragoslav Popović, denen eine an Verbissenheit grenzende Ausdauer für ihre Forschung gemeinsam ist und die dabei ihre moralischen Werte über den Haufen werfen. In der Mischung aus Drama, Thriller und Historienfilm wechseln sich schwache Momente mit starken ab, und es bleibt ein Gefühl von Unvollständigkeit zurück. Die eigentliche Qualität des Films ist, dass er ein bemerkenswertes historisches Ereignis beleuchtet. *sr*

## Auf Jagd nach antiker DNA in Sibirien

Dokumentarfilm **Human Race**, wird aufgeführt an Filmfestivals (2025)

Fünf Jahre lang hat die Filmcrew um Regisseur Simon Lec den dänischen Evolutionsgenetiker Eske Willerslev auf seiner Mission begleitet, die DNA von 5000 Menschen aus der Antike zu entschlüsseln. Das Resultat: «Human Race». Der Film feiert in diesen Tagen Premiere, weshalb der Horizonte-Redaktion auch nur der Trailer und exklusiv einige Filmausschnitte im dänischen Original zugänglich waren. «Es brauchte diese fünf Jahre», sagt der Protagonist im Film, «weil ich mich komplett verletzlich zeige.» Es sei einfach, die Erfolge zu zeigen, schwierig jedoch, die Niederlagen auf dem Weg dorthin.

Die dänische Produktionsfirma Move Copenhagen hat schon in der Vergangenheit auf bildstarkes Storytelling gesetzt, um Wissenschaftsthemen einem breiteren Publikum nahezubringen. Der Trailer und die Filmausschnitte legen nahe, dass dies auch mit «Human Race» wieder gelingen wird – was wohl auch an der Hauptfigur liegt: So lebte Willerslev ein Jahr mit Pelzjägern in Sibirien, fand eines Nachts nicht rechtzeitig ins Lager zurück und wäre fast der Kälte und den Wölfen zum Opfer gefallen. Filmreife Geschichten, die das Leben schreibt. *ato*

## Zwei einsame Genies finden sich im Sturm

Action-Blockbuster **Twisters**, im Kino (2024)

Die Geschichte ist schnell erzählt: Die draufgängerische Doktorandin Kate möchte mit ihrer innovativen Methode Tornados bändigen. Das geht zwar schief, doch sie wagt es dank ihres Freundes Javi nochmals und trifft auf den Bösewicht Tyler. Aber der Schein trügt: Der Böse wird zum Lieben, und der Freund hat etwas zu verheimlichen. Am Schluss bedroht der ganz grosse Sturm eine Kleinstadt in Oklahoma, Leute und Material fliegen durch die Luft. «Twisters» hat alles, was es für einen guten US-amerikanischen Action-Blockbuster braucht: lauter schöne Leute, Tote und eine Romanze für die furchtlose Heldin. Auch auf wissenschaftlicher Seite gibt es Gut und Böse. Die immer häufiger und immer stärker werdenden Stürme machen den Klimawandel zum Thema des Films, ohne ihn je direkt anzusprechen. Das ist von Regisseur Lee Isaac Chung angesichts der politischen Gräben in den USA clever gemacht, da alle etwas davon haben und ihren Teil in die Kinokasse werfen werden.

Das im Film vermittelte Wissenschaftsbild ist hingegen ziemlich fragwürdig: Meteorologin Kate und der Cowboy-Youtube-Star Tyler sind beide Einzelkämpfer und Genies. Sie experimentieren in der Scheune des Bauernhofs, haben allein die genialsten Einfälle und die coolsten Materialien, ganz ohne Team. Kate verfügt zudem über eine unglaublich schnelle Auffassung: Ein kurzer Blick auf den Bildschirm im nationalen meteorologischen Institut oder auf Tornadojagd aus dem Pick-up in den Himmel, und schon weiss sie wie ein Wetterschmökler, wo es gleich abgehen wird. Der arme Javi hingegen arbeitet für das grosse, unpersönliche Team in der bösen Firma, die die Tornadoopfer abzocken will. Weder kann er mit seiner silbrig glänzenden High-Tech-Ausrüstung Kates Genie toppen noch kann er die zuschauenden Gemüter für sich gewinnen. Das passt zum Zeitgeist, wo sich so viele bei Influencern auf Youtube oder Tiktok ganz allein ihre eigene Wahrheit zusammenbasteln – aber es sorgt für gute Unterhaltung. *ff*

## Verwirrte Physik in verschneiten Bergen

Mystery-Thriller **Die Theorie von Allem**, im Kino (2023)

Physikdoktorand Johannes Leinert kämpft mit seiner Dissertation. Laut seinem Doktorvater ist er ein Versager, ein anderer Professor prognostiziert ihm dagegen den Nobelpreis. Die deutsch-österreichisch-schweizerische Co-Produktion «Die Theorie von Allem» stellt die missgünstige Klängelei zwischen den Professoren und die Verlorenheit des Doktoranden ganz lustig dar.

Sonst ist der Film leider das, was der Hauptprotagonist auch ist: beständig verwirrt. Dabei hat Regisseur Timm Kröger mächtig angehängelt: Schwarz-Weiss-Stil alter Meisterwerke, rätselhafte Theorie der Multiversen, überwältigendes Schweizer Alpenpanorama und sogar noch die grosse Liebe. Das alles dient aber nur als Folie für... für was eigentlich? *jho*

## Von den Urhänninnen lernen

Dokumentarfilm **Das Geheimnis der Urzeitmütter**, Arte (2024)

«Liegt in der kooperativen Jungenaufzucht der Schlüssel zum Verständnis der Menschwerdung?» Diese Frage steht im Zentrum der Dokumentation «Das Geheimnis der Urzeitmütter» von Anja Krug-Metzinger. Sie nimmt das Publikum auf eine Reise, die unter anderem zu Dorfgemeinschaften auf einer abgelegenen griechischen Insel und einer historisch isolierten Region in Norddeutschland führt. Dabei spannt die deutsche Filmemacherin und Journalistin den Bogen von der Altsteinzeit bis ins 20. Jahrhundert und stellt das menschliche Verhalten ins Verhältnis zur kooperativen Jungenaufzucht von Weissbüscheläffchen. So lernen die Zuschauenden, warum die menschliche Spezies im Gegensatz zu anderen Säugetieren nicht bis zum hohen Alter gebären kann und was prähistorische Gräber über das menschliche Aufzuchtverhalten unserer Vorfahrinnen verraten.

Als Reiseleitende dienen internationale Fachleute aus Verhaltensforschung, Evolutionsbiologie, anthropologischer Forensik. Es wird deutlich: Die Kombination aus Kooperation und Kognition hat die Menschen im Laufe der Evolution zu Höchstleistungen gebracht – wie etwa der Mondlandung. «Die grosse Frage bleibt jedoch: Werden diese Errungenschaften ausreichen, um die beispiellosen Herausforderungen der nahen Zukunft zu meistern?» Die filmische Expedition in die Menschheitsgeschichte vermittelt ein eindrückliches und fundiertes Bild der sozialen Evolution und rückt dabei die Rolle der Mütter ins Zentrum, ohne den bildungsbürgerlichen Zeigefinger zu erheben. *ato*

## Das intime Gesicht der Mathematik

Fiktives Porträt **Die Gleichung ihres Lebens**, im Kino (2023)

Marguerite, eine brillante Doktorandin der Mathematik, verteidigt ihre Dissertation an der renommierten Ecole Normale Supérieure in Paris. Eine Frage aus dem Publikum stellt ihre Ergebnisse plötzlich infrage. Von ihrem Professor im Stich gelassen, beschliesst die junge Forscherin, alles aufzugeben. Indem der französisch-schweizerische Spielfilm von Anna Novion die Mathematikerin mit einem Schlag aus der akademischen Welt herausholt, tauchen wir paradoxerweise in ihr Herz ein. Die Geschichte behandelt eine breite Palette von Situationen mit Bezug zu einem sehr anspruchsvollen Thema – der Goldbachschen Vermutung, einer Theorie über Primzahlen.

Der von Marguerite verkörperte Archetyp der sozial unkonventionellen, leidenschaftlichen, aber zweifelnden Forscherin trifft vielleicht auf niemanden vollständig zu, aber die Rolle dürfte bei Doktorierenden jeder Richtung auf Resonanz treffen, bei denen die Grenze zwischen Forschung und Leidenschaft zu verschwimmen droht. Der Schweizer Schauspieler Ella Rumpf wurde 2024 dafür denn auch der Filmpreis César für die beste Hauptdarstellerin verliehen. Die Fabel stellt letztlich die Frage, wie Ablehnung und Versagensängste in einer Matrix von Eifersucht, Beziehungen und Ehrgeiz überwunden werden können. Dieses berührende und durchdachte Theorem gibt überzeugende Einblicke in tief verankerte, spezifische und universelle Dimensionen der Forschungswelt. *sr*

## Und es gibt doch dumme Fragen

Mockumentary **Cunk on Earth**, BBC (2022) und Netflix (2023)

Auf Augenhöhe will die Wissenschaft mit dem Volk sein. Das gelingt ihr allerdings selten. Dabei könnte sie sogar noch weit darunter gehen.

Das demonstriert Komikerin Diane Morgan alias Philomena Cunk in der britischen Serie «Cunk on Earth» meisterhaft. Sie stellt – mit maximal ausdrucksloser Miene – Archäologinnen, Philosophen und Kulturwissenschaftlerinnen völlig unterbelichtete bis aussergewöhnlich absurde Fragen über die geschichtlichen Grossereignisse dieser Welt. Etwa: Bedeutet Sputnik in Russisch Sperma? Ist die Musik von Beyoncé oder die Erfindung des Buchdrucks bedeutsamer? Hat sich René Descartes auch gefragt: Wenn ich ganz stark denke, dass ich Eddie Murphy bin, bin ich dann Eddie Murphy? Und falls dem so ist: Was passiert dann mit ihm? Wird er ich oder verschwindet er einfach?

Die Forschenden halten bei dieser Mockumentary erstaunlich gut mit, manche liefern richtig ab: Religionsphilosoph Douglas Hedley etwa schafft es, die Fragen von Cunk irgendwie so zu drehen, dass sie plötzlich ganz klug daherkommen. Das ist grosses Kino. Militärhistoriker Ashley Jackson verliert selbst dann nicht die Fassung, als ihm Cunk Mansplaining vorwirft, weil er ihr erklären möchte, dass es nicht Sowjetunion (Sowjetzwiebel) heisst, sondern Sowjetunion. Kulturwissenschaftlerin Ruth Adams bewahrt tapfer Haltung, als sie darüber reden soll, warum man Elvis' Penis nicht in den Medien hätte zeigen können – und bricht schliesslich doch lachend zusammen. Cunk bleibt empört todernt.

Charlie Brooker, Autor, Regisseur und Produzent der Mockumentary-Serie, entblösst darin genussvoll eine grosse Schwäche der Wissenschaft: Sie nimmt sich selbst zu ernst. Die Forschenden jedoch, die hier mitmachen, können Selbstironie. Das ist erfrischend. *jho*

## Dystopische Sinnsuche unter der Kuppel

Sci-Fi-Animationsfilm **White Plastic Sky**, im Kino und auf Arte (2024)

Die Erde ist unfruchtbar, alles Tierleben ausgelöscht, und trotz allem hat eine Stadt unter einer schützenden Kuppel überlebt. Budapest wurde von einem Wissenschaftler gerettet, der herausfand, wie man Menschen selbst in Energie- und Nahrungsquellen umwandeln kann: Mit 50 Jahren wird jede und jeder in einen Baum verwandelt. Der Schauplatz ist eingegrenzt zwischen Leben unter Verschluss und einem angekündigten Tod. Die perfekte Dystopie.

Blockbuster dieses Genres bieten normalerweise unter viel Aufwand mit Spezialeffekten schliesslich doch unverhoffte Rettung oder eine neue Chance für die Menschheit an. Doch der Animationsfilm von Tibor Bánóczki und Sarolta Szabó durchbricht die Muster von Science-Fiction. Die Suche nach dem Wissenschaftler, der auch den Samen erfunden hat, aus dem die Kuppel wuchs, ist zwar die treibende Kraft der Handlung, im Mittelpunkt der Erzählung stehen jedoch nicht technische Fragen, sondern Gefühle, Entscheidungen und persönliche Geschichten. Die vielen Schattenseiten, insbesondere die früheren Verletzungen der Figuren, die eher angedeutet als erzählt werden, vermitteln den Eindruck eines komplexen Universums, das über den Film hinausgeht.

Mit gezeichneten Bildern über realen Aufnahmen feilt «Sky Dome 2123» an seinem eigenen Genre, das sowohl realistisch als auch ätherisch und zweifellos einzigartig ist. Muss die Wissenschaft die Menschheit um jeden Preis retten? Obwohl die zentrale Frage des Films nicht gerade durch Originalität glänzt, sorgt er für eine überraschend destabilisierende Immersion. Am Ende ist das Publikum beim Urteil über die Protagonisten auf sich selbst gestellt. Eine spannende Möglichkeit, sich mit den ethischen und emotionalen Dilemmata zu konfrontieren, die die Wissenschaft manchmal mit sich bringt. *sr*

## Schönste Natur, so schrecklich zerstört

Naturdokumentationsserie **Planet Earth III**, BBC (2023)

Die BBC Studios Natural History Unit liefert zuverlässig die beeindruckendsten Tierfilme der Welt. Wie immer eine Wucht ist auch «Planet Earth III» mit der stets begeisternden Erzählstimme der britischen Ikone David Attenborough. Während wir in Nahaufnahme Schützenfische sehen, die Insekten von den Mangrovenwurzeln spucken und sich ihre Beuten von Trittbrettfahrern wegschnappen lassen, oder wenn wir die Mähnenwolfbabies in der brasilianischen Feuchtsavanne mit einem Jöh bewundern, lernen wir, fast ohne es zu merken, ganz viel über Biologie. Im dritten Teil von «Planet Earth» kommt mit dem Einfluss der Menschen auch der Mahnfinger hervor. Etwa wenn die Seelöwen in den Fischernetzen jämmerlich und lautstark verenden. Das übliche Making-of am Ende jeder Episode ist denn auch Rettungsaktionen gewidmet. Das ist ehrlich und lösungsorientiert. Die neue moralische Schwere zerstört aber letztlich den Zauber der Bilder. *ff*

## Freude herrscht in der Reproduktionsmedizin

Filmbiografie **Joy**, ausgestrahlt auf Netflix (2024)

Am 25. Juli 1978 kam in England Louise Joy Brown zur Welt. Das erste sogenannte Retortenbaby war eine Sensation und revolutionierte die Reproduktionsmedizin. Seitdem wurden weltweit über zwölf Millionen Kinder durch Methoden wie In-vitro-Fertilisation IVF gezeugt. Browns Geburt war das Resultat einer Teamleistung von Physiologe Robert Edwards, Gynäkologe Patrick Steptoe und Krankenschwester Jean Purdy. Letztere steht im Mittelpunkt der Filmbiografie «Joy» von Ben Taylor. Sie zeichnet den jahrelangen Weg von ersten Experimenten bis zur Geburt von Louise Joy Brown nach, zuweilen etwas klischiert – etwa, wenn Forscher an Edwards' Lab als ziemlich zerstreute Persönlichkeiten auftreten. Purdy hingegen wird als Frau skizziert, die durch ihre Endometriose persönlich motiviert ist, anderen Frauen zu Kindern zu verhelfen, und dabei in Konflikt mit der strenggläubigen Mutter und der Kirche gerät.

Insgesamt ist «Joy» ein unterhaltsames und lehrreiches Wissenschaftshistoriendrama, dem manchmal jedoch die Tiefe fehlt: Die Kritik, die den modernen Geburtshelfenden nicht nur von der Kirche und der Gesellschaft, sondern auch von der etablierten Medizin entgegenschlägt, scheint an den männlichen Forschern ziemlich abzurallen. Die Stärke des Films liegt im Fokus auf die Frauen – nicht nur auf Purdy, sondern auch auf diejenigen, die als Probandinnen Hoffnung in die neue Technologie setzten, enttäuscht wurden, aber letztlich auch die Geburt von Louise Joy Brown ermöglichten. Am Ende ist «Joy» eine Hommage: «Ohne Jean wäre das alles nicht möglich gewesen», sagt Edwards am Ende des Films. Er hatte 2010 den Nobelpreis erhalten. Die öffentliche Anerkennung für Purdy kam dann 2015: 40 Jahre nach ihrem Tod wurde ihr Name am Ort des Geschehens in Oldham verewigt. *ato*

Das Geheimnis der Urzeitmütter

## Das Baby macht Schwierigkeiten

Science-Fiction-Drama **Electric Child**, im Kino ab 10. April 2025

Zuerst ein Hinweis in eigener Sache: Dieser Film ist in gewissem Sinne auch ein Horizonte-Baby. Für die Ausgabe 137 (Juni 2023) hatten wir einen Fotografen an das Set des Schweizer Regisseurs Simon Jaquemet geschickt, um den damaligen Fokus zum Thema «Von Film, Fakt und Fiktion» zu bebildern. Die ästhetische Kälte der Fotos von damals findet sich tatsächlich auch im Film wieder.

Doch nun zur Geschichte: Das frisch geborene Kind des erfolgreichen KI-Forschers Sonny und seiner Partnerin Akiko hat einen unheilbaren genetischen Defekt. Die Chance, dass es das erste Jahr überlebt, liegt bei höchstens 30 Prozent. Sonny will es nicht wahrhaben, und statt die wenige Zeit mit dem Kind zu geniessen, setzt er auf die Fähigkeiten seines anderen Babys: Eine von ihm geschaffene KI wird in einer virtuellen Welt trainiert und soll mit Internetzugang und übermenschlicher Intelligenz die Krankheit heilen. Natürlich geht das Ganze schief, der Schluss hält dramatische Überraschungen bereit.

Die Erzählung ist äusserst vielschichtig und lässt einigen Interpretationsspielraum. Es geht um wissenschaftlichen Grössenwahn, die Verantwortung für eine KI mit Bewusstsein und den Umgang mit persönlichem Schicksal. Die Forschungswelt mit Zürich als Kulisse und die Vielsprachigkeit aus Englisch, Japanisch und Schweizerdeutsch wirken wie selbstverständlich. Ein paar wissenschaftliche Ungereimtheiten zugunsten des Plots gehen in Ordnung. Was fehlt, sind aber die Emotionen: Der Film kann oder will nicht wirklich berühren. *ff*

Die Theorie von Allem

White Plastic Sky



# Gegen das lästige Pfeifen im Ohr

Wer unter Tinnitus leidet, hört andauernd Phantomgeräusche und ist dadurch im Alltag beeinträchtigt. Schweizer Forschende untersuchen, ob Betroffene ihr Gehirn durch Neurofeedback dagegen wappnen können.

Text Klara Soukup

Klingeln, Summen, Pfeifen, Rauschen: Die Liste der Geräusche, von denen Tinnitus-Betroffene erzählen, ist lang. Das zugrunde liegende Phänomen ist stets dasselbe: ein Dauerton im Ohr, der keine externe akustische Quelle hat. Er wird im Gehirn produziert. Der medizinischen Forschung geben diese Phantomgeräusche Rätsel auf. Denn sie können so viele Ursachen haben wie Ausprägungen. In den meisten Fällen tritt ein Tinnitus zwar vorübergehend auf, etwa nach einem lauten Knall. Er kann aber auch durch Medikamente, Stress, Schädeltraumata, Infektionen oder fortschreitende Schwerhörigkeit verursacht werden. «Laut einer der gängigsten Theorien führen diese Faktoren zu einem Hörverlust, auf den das Gehirn mit einer Fehlanpassung reagiert: Es erzeugt die Empfindung eines Tons, obwohl keine äussere Schallquelle vorhanden ist», erklärt Dimitrios Daskalou, Tinnitusforscher an den Universitätsspitalern Genf (HUG).

Bis zu jede fünfte Person ist einmal im Leben betroffen, in der Schweiz etwa jede fünfzigste von der chronischen Form. Von Chro-

nizität sprechen Ärzte, wenn ein Tinnitus länger als sechs Monate anhält, so Daskalou. Erkrankte leiden oft an schweren Beeinträchtigungen der Lebensqualität, mehr als ein Drittel hat Depressionen, Schlafstörungen oder Angstzustände. Der aktuelle Behandlungsstandard ist die kognitive Verhaltenstherapie, bei der es vor allem darum geht, den Umgang mit Tinnitus zu lernen. Ihre Wirkung variiert aber stark und ist oft nicht von Dauer.

In den letzten Jahren wurden nun einige Projekte gestartet, die stattdessen auf das sogenannte Neurofeedback setzen. Diese Therapiemethode beruht auf zwei Annahmen: der Fähigkeit des menschlichen Gehirns, zu lernen, sowie einer messbaren veränderten Hirnaktivität bei Tinnituspatientinnen. «Mit Neurofeedback kann eine Person lernen, die Aktivität einer Hirnregion selbst zu steuern», erklärt Basil Preisig vom Institut für Vergleichende Sprachwissenschaft der Universität Zürich. «Wir testen, ob so fehlgeleitete Hirnfunktionen bei Tinnitus korrigiert werden können.» Er leitet ein Projekt, das die Fähig-

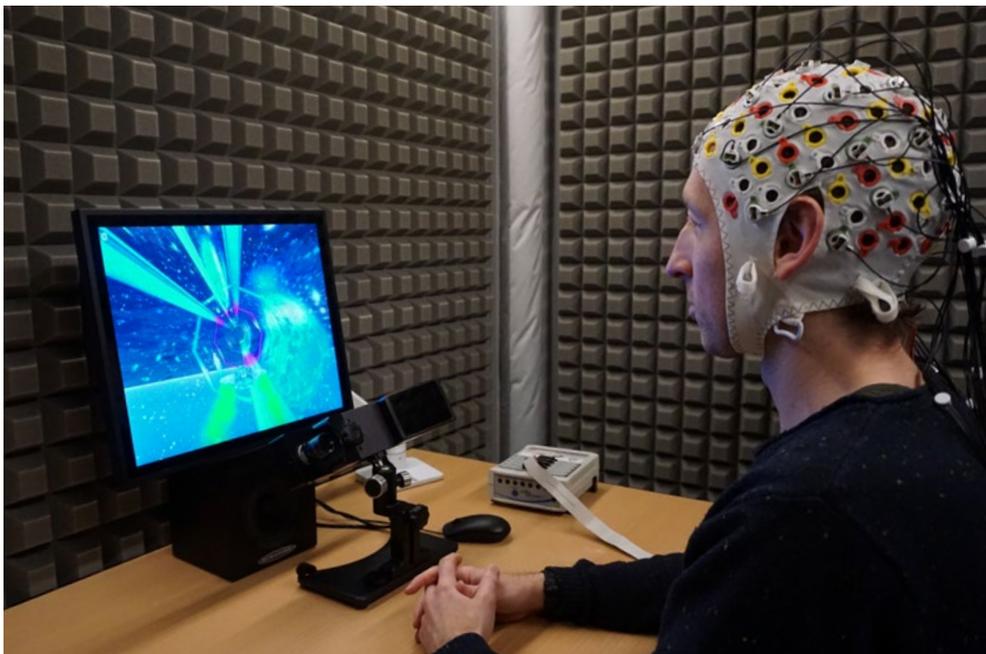
keit, in akustisch schwierigen Situationen zuzuhören, untersucht: «Das Fokussieren auf ein Sprachsignal mit gleichzeitigem Ausblenden von Hintergrundgeräuschen ist bei Tinnitusbetroffenen und Schwerhörigen oft eingeschränkt.» Mittels Neurofeedback sollen sie lernen, ihre akustische Aufmerksamkeitslenkung zu verbessern.

## Mental das Objekt bewegen

Dabei wird die Aktivität der Nervenzellen in der zuständigen Gehirnregion gemessen und in Echtzeit in ein Bild oder einen Ton umgewandelt. Diese Wiedergabe wird der Person zum Beispiel als bewegliches Objekt auf einem Bildschirm angezeigt. Der Patient kann nun verschiedene mentale Strategien testen, um die Erregung der betreffenden Hirnzellen gezielt zu beeinflussen. Gelingt ihm das, wird die Wirkung sofort sichtbar, etwa indem das Objekt auf dem Bildschirm seine Position verändert.

Während es in Zürich primär um Sprachverarbeitung geht und mittels Elektroden auf der Kopfhaut gemessen wird, setzt das Projekt von Daskalou auf die Aktivität der Hörrinde und beobachtet mittels funktioneller Magnetresonanztomografie. Die Hörrinde ist bei Tinnituspatienten oft überaktiv und steht im Verdacht, den Phantomklang mit zu produzieren. «Wer mit Neurofeedback lernt, sie zu regulieren, hat langfristig häufig bessere Therapieerfolge als mit konventioneller Verhaltenstherapie», beschreibt er die Ergebnisse einer Studie von Wyss-Zentrum, EPFL und HUG, an der er beteiligt war.

Die Wissenschaftler sind sich jedoch einig: Es braucht mehr Daten, bis solche Ansätze klinisch einsetzbar werden. Nathan Weisz, Leiter des Labors für auditive Neurowissenschaften der Universität Salzburg, fasst die Herausforderungen zusammen: «Wir benötigen robuste neuronale Messdaten, die zuverlässig mit Tinnitus zusammenhängen. Dies ist angesichts des enormen Aufwands sorgfältiger Neurofeedback-Studien umso wichtiger.»



Ein Patient lernt, die Aktivitäten der Hirnrinde mittels Neurofeedback zu regulieren. Das hilft ihm vermutlich auch dabei, mit dem Phantomklang Tinnitus umzugehen. Foto: ZVG

Klara Soukup ist Wissenschaftsjournalistin in Lausanne.

# Personenkontrolle anonym

Der Fingerabdruck beim Einzahlen, der Pass beim Boarding: Wer sich identifizieren lässt, gibt immer persönliche Daten preis. Forschende entwickeln kryptografische Methoden, um das zu verhindern.

Text Florian Fisch

Ob beim Online-Einkauf oder beim Einloggen für die Arbeit: Täglich müssen wir irgend-einem Server beweisen, dass wir tatsächlich die Person sind, die wir zu sein vorgeben. Er muss prüfen, ob wir die Besitzenden des Bankkontos sind oder ob wir das Recht haben, auf die vertraulichen Informationen zuzugreifen. Beliebt ist dabei die biometrische Authentifizierung: Ein Fingerabdruck auf dem Smartphone etwa genügt, und schon wird die Zahlung getätigt oder der Lohnauszug angezeigt.

Das ist praktisch. Ein Fingerabdruck kann nicht wie ein Passwort vergessen gehen. Und ihn zu stehlen, geht auch nicht so einfach. «Die Sensoren haben eine Lebendigkeitserkennung, sonst könnte man sich einfach einen kopierten Abdruck auf den Finger pappen», sagt Julia Hesse von IBM Research Zurich. Sie forscht daran, biometrische Authentifizierung zu ermöglichen, ohne dass die andere Seite persönliche Informationen erhält – ein Zero-Knowledge Proof, wie es Fachleute nennen.

Es geht also darum, einen Fingerabdruck zu prüfen, ohne den Fingerabdruck zu kennen. «Machen wir ein Spiel. Ich führe einen Beweis, Sie überprüfen», sagt Hesse und holt ein Wimmelbild der Serie «Wo ist Walter?» hervor. Bei diesen Bilderbüchern muss der Mann mit dem rot-weiss gestreiften Pullover in einer grossen Menge anderer Figuren gefunden werden. «Ich beweise Ihnen, dass ich weiss, wo Walter ist, ohne dass ich Ihnen den Ort verraten muss.» Der Trick: Hesse deckt das Wimmelbild mit einem grossen Karton ab. Durch ein Loch im Karton ist Walter eindeutig zu erkennen. Sein Standort bleibt hinter dem Karton verborgen.

So weit ist die biometrische Authentifizierung noch nicht. Die Informationen werden im sogenannten Trusted Execution Environment gespeichert – ein besonders sicherer Bereich des Smartphones. Sollte dieser einmal gehackt werden, ist der Fingerabdruck für den Rest des Lebens als Passwort unbrauchbar.

Um den Fingerabdruck nicht einmal seinem Smartphone verraten zu müssen, werden unterschiedliche Methoden getestet. Zum Beispiel kann ein Abbild von ihm so verändert werden, dass es zufällig aussieht – ein sogenannter Hash. Solche Techniken sind bei Pass-



Verstecken in der Masse? Datenschutz geht besser mit Kryptografie. Foto: William Murphy / Wikimedia Commons

wörtern heute Standard. Anders als ein Passwort sieht ein Fingerabdruck aber jedes Mal etwas anders aus. «Dies hängt von der Gesundheit der Person, dem Standort, dem Wetter und so weiter ab», ergänzt Serge Vaudenay, Kryptograf an der EPFL. Weitere Forschung dazu ist also nötig. Laut Vaudenay bleibt aber immer ein Restrisiko, dass eine Person wechselt oder die richtige Person nicht erkannt wird. Eine weitere Herausforderung ist, die Hashes gegen Angriffe mit Quantencomputern zu schützen. Bei den Passwörtern sind sie inzwischen quantensicher.

## Boarden ohne Pass

Zurück zu Hesse und ihrem Team: Sie haben nochmals eine ganz andere Methode entwickelt, um die Privatsphäre zu schützen. Diese ist etwa beim Boarding eines Flugzeugs nützlich, wenn überprüft werden muss, ob das Flugbillet tatsächlich der Person gehört. Dafür braucht es heute einen Pass, in dem neben dem Foto auch Informationen wie Namen, Geburtsdatum und Grösse preisgegeben werden. Die Forschenden wollen den Pass mit einer

Smartcard ersetzen, die nur ein Foto und eine Nummer enthält. Ein Algorithmus kann dann prüfen, ob Smartcard und Flugbillet zusammengehören. Via Foto kann das Personal die rechtmässige Besitzerin verifizieren.

«Wir haben eine effiziente Lösung gefunden», ist Hesse überzeugt. Ihr Team beobachtet täglich, was sich die Tausenden Kryptografen weltweit ausdenken. In wöchentlichen Videokonferenzen tüfteln sie selbst an neuen Ideen, die sie später mathematisch beweisen müssen. «Ich empfehle, nach der Publikation eine Zeit lang zu warten, bevor eine Methode in der Praxis implementiert wird», so Hesse. In der Zeit könne die Kryptografie-Community allfällige Schwachstellen finden. Daher sei auch Geheimhaltung kein Sicherheitsmerkmal für eine kryptografische Methode. Vaudenay beurteilt Hesses Forschungsansätze als mehr oder weniger vollständig, fügt aber an: «Alle Methoden haben ihre Vor- und Nachteile, und Sicherheit ist nie zu 100 Prozent garantiert.»

Florian Fisch ist Co-Redaktionsleiter von Horizonte.



### Von Genf nach Genf

**Guillaume Andrey** ist Professor am Departement für genetische Medizin und Entwicklung der Universität Genf. Er wurde 1982 in Sion geboren und studierte Biologie an der Universität Genf, bevor er im Rahmen seiner **Doktorarbeit ins Labor des Genetikers Denis Duboule** wechselte, der damals der EPFL angehörte. Nach einem Postdoc-Aufenthalt am **Max-Planck-Institut für molekulare Genetik in Berlin** kehrte der Forscher 2018 an die Universität Genf zurück. Guillaume Andrey lebt mit seiner Partnerin und den zwei gemeinsamen Kindern in Genf.

## Feinsinnig zwischen Mäusen und Missbildungen

Genetiker Guillaume Andrey untersucht, wie die Entwicklung von Embryonen und Fehlbildungen von Gliedmassen zusammenhängen. Dazu braucht er auch Mäuse – und setzt sich dafür ein, dass weniger von ihnen für die Forschung geopfert werden müssen.

Text Patricia Michaud Foto Anoush Abrar

«Es dient einem höheren Zweck.» Diesen Satz sagt Guillaume Andrey zu sich selbst, wenn er eine Maus euthanasieren muss. «Wie für die meisten Forschenden sind Tierversuche für mich alles andere als ein Vergnügen.» Er betont auch: «Höherer Zweck bedeutet nicht Freipass.» Vielmehr geht es laut dem Walliser darum, alles daran zu setzen, dass weniger Tiere für die Wissenschaft geopfert werden. Als der Genetiker an der Universität Genf seine eigene Forschungsgruppe gründete, setzte er diesen Anspruch sofort in die Tat um. Er entwickelte ein Protokoll, mit dem er bei seiner Arbeit 80 Prozent weniger Mäuse benötigt.

Andrey forscht an den genetischen Prozessen, welche die Entwicklung der Embryonen steuern. In Zusammenarbeit mit der Transgenic Core Facility der Universität Genf hat der 42-Jährige die Methode der sogenannten tetraploiden Aggregation angepasst und angewandt. Er kann damit aus Stammzellen, die im Labor genetisch verändert und in flüssigem Stickstoff aufbewahrt werden, direkt Mäuseembryonen mit einer bestimmten genetischen Ausstattung gewinnen. «Wir tauen die Zellen auf, wenn wir sie brauchen.» So müssen dafür nicht wie üblich mehrere Generationen von Mäusen gezüchtet und am Leben erhalten werden. Die Embryonen, in welche die aufgetauten Stammzellen eingefügt werden, kommen aus anderen Labors, wo sie bereits für Experimente verwendet wurden. Die veränderten Embryonen werden nun in eine weibliche Maus eingepflanzt. «Nur noch diese Tiere müssen am Ende geopfert werden.»

Die Bemühungen von Andrey und seinem Team wurden 2023 mit dem jährlichen Award des 3R-Kompetenzzentrums prämiert. Dieser wird an Forschung verliehen, welche die sogenannten 3R-Prinzipien voranbringt, also Tierversuche ersetzt, reduziert und verfeinert. 3R ist englisch und steht für replace, reduce, refine. Ziel ist es, entweder alternative Methoden zu Tierversuchen anzuwenden oder – wenn ein vollständiger Ersatz nicht möglich ist – die Anzahl der verwendeten Tiere und deren Belastung zu verringern.

### **Attraktiv, weil präzise und ohne Grauzonen**

Beim Treffen im Herzen des Labyrinths aus Gängen am Centre Médical Universitaire in Genf bittet Andrey zunächst darum, seine Müdigkeit zu entschuldigen. Zwischen dem Abschluss mehrerer wissenschaftlicher Publikationen, seinem Antrag auf EU-Fördermittel und seinen beiden kleinen Kindern reihe sich «eine kurze Nacht an die andere». Trotzdem nimmt er sich die Zeit, das Labor und die insgesamt acht Mitglieder seiner Forschungsgruppe vorzustellen. Und auch dafür, die Fragen geduldig zu beantworten. Vielleicht hat er die pädagogische Ader seiner Eltern geerbt, die beide ausgebildete Lehrpersonen sind.

«Ich habe nicht die am einfachsten zu erklärende Disziplin gewählt», räumt er ein. Findet aber doch: «Die klare Logik der Genetik verleiht ihr auch eine gewisse Einfachheit.» Auch persönlich schätzt der Forscher «alles, was logisch und vorhersagbar ist». Er hält inne, denkt nach und kommentiert lachend: «Das klingt jetzt etwas nach einer starren Denkweise, aber ich meine damit: Wenn etwas nicht so läuft, wie es sollte, möchte ich nachvollziehen können, warum das so ist.» Und die Genetik ermögliche «klare und präzise Antworten ohne Grauzonen». Aber wirklich fasziniert habe ihn beim ersten Kontakt mit dieser Disziplin während seines Biologiestudiums, dass «die Genetik eine Brücke schlägt zwischen etwas völlig Unsichtbarem, dem Genom, und etwas sicht- und greifbar Realem wie der Haut oder den Gliedmassen». Dadurch gebe sie «der Welt um uns herum einen Sinn». Ein-

mal in die Fänge der Genetik geraten, blieb Andrey von ihr gefesselt. Dabei war er als Teenager nicht gerade ein Musterschüler: «Ich war eher der Typ, der mit dem geschenkten Chemieset Sachen in die Luft jagte und die beiden jüngeren Brüder zum Lachen brachte.» Später aber strengte er sich gleich doppelt an. 2006 erhielt er als junger Mann einen Platz im Nationalen Forschungsprogramm Frontiers in Genetics, das Doktorierenden die Möglichkeit bietet, einige Monate in verschiedenen Laboratorien der Schweiz zu verbringen. In Zürich beschäftigte er sich mit der Tauflied Drosophila, in Basel mit der Entwicklung der Netzhaut und in Lausanne mit der Erforschung bestimmter Viren.

Seine Dissertation an der EPFL widmete Andrey der Hervorbringung von Gliedmassen bei Mäusen. Er beleuchtete die Mechanismen der Entwicklung des Handgelenks, die in der Struktur des Genoms verankert sind. Diese Entdeckungen öffneten ihm die Türen zu mehreren internationalen Forschungsinstituten. Er wählte das Max-Planck-Institut für molekulare Genetik in Berlin als nächsten Standort für sein Mikroskop. Dort untersuchte er als Postdoc die Entstehung des Skeletts.

### **Gründe für den Klumpfuss**

Im Jahr 2018 kehrte der Genetiker in die Schweiz und an die Universität Genf zurück. Dort baute er ein Labor auf, mit dem Ziel, zu verstehen, wie genau das Genom die Genaktivitäten im Embryo steuert. «Beim Aufbau einer bestimmten Struktur, zum Beispiel einer Gliedmasse, muss das Genom das richtige Gen am richtigen Ort und zur richtigen Zeit aktivieren. Der kleinste Fehler bei der Ausführung der Anweisungen des Genoms kann zu Miss-

bildungen führen.» In den ersten Forschungsjahren der Andrey-Gruppe gab es mehrere Entdeckungen, die Medienecho hervorriefen. Eine Studie etwa, die sich auf eines der an der Bildung der unteren Gliedmassen beteiligten Gene konzentrierte, zeigte, dass bereits eine geringe Störung im Aktivierungsprozess eines bestimmten Gens zu einem Klumpfuss führen kann, eine der häufigsten Beifehlbildungen.

Im Juni 2024 schliesslich publizierte das Labor die Ergebnisse einer Studie zu denjenigen Regionen des Genoms, die die Genaktivität in den sogenannten Chondrozyten regulieren – das sind jene Zellen, die während der Embryonalentwicklung die langen Knochen des Körpers bilden. «Wir machten eine ganz einfache Beobachtung: Variationen in diesen Regionen wirken sich direkt auf den Aufbau unseres Skeletts und damit auf unsere Grösse aus.» Ende 2024 sicherte sich Andrey einen weiteren Förderbeitrag, der seinem Labor die Fortführung der Arbeiten ermöglicht. Zum Beispiel wird seine Gruppe untersuchen, ob es bei Genaktivitäten, die zur Bildung von Gliedmassen führen, zu vorübergehenden Schwankungen kommen kann und ob sich diese auswirken, auch wenn sie nur von kurzer Dauer sind. Anstatt sich auf einen bestimmten Zeitpunkt der Embryonalentwicklung zu konzentrieren, werden die Forschenden den gesamten Prozess beobachten.

Parallel dazu wird Andrey weiter nach Möglichkeiten suchen, die Anzahl der Mäuse, die für den reibungslosen Betrieb des Labors benötigt werden, zu reduzieren. «Ideal wäre es, wenn wir ganz auf Leihmütter verzichten könnten, aber so weit sind wir noch nicht.» Sollte dies gelingen, bliebe doch eine grundlegende ethische Frage: «Wenn ein Embryo ohne Leihmutter wächst, welchen Status hat er dann?»

Patricia Michaud ist freie Journalistin in Bern.

## Ohne Wahrheit geht es nicht

Foto: Annette Boutellier



**Yves Flückiger**  
ist Präsident des  
Verbunds der Akade-  
mien der Wissen-  
schaften Schweiz a+.

Wissenschaft ist der Grundpfeiler des Wissens, mit dem wir die Welt erklären, und sie entwickelt sich ständig weiter. Sie beschränkt sich nicht auf das Entdecken von Fakten, sondern soll auch sicherstellen, dass diese Fakten wahrheitsgetreu präsentiert werden, und Vertrauen wecken. Wahrheit und Vertrauen sind in der wissenschaftlichen Praxis zentral.

Wissenschaftliche Wahrheit ist die möglichst zutreffende Beschreibung der Realität, basierend auf empirischen Beweisen und rationalen Schlussfolgerungen. Sie stützt sich auf methodische Prozesse wie das Prüfen von Hypothesen, das Peer-Review und die Validierung durch Replikation. Wissenschaftliche Wahrheit ist jedoch immer vorläufig und muss revidiert werden, wenn neue Beweise oder bessere Methoden vorliegen. Die Suche nach der Wahrheit beruht auf einem Mechanismus der Selbstkorrektur.

Vertrauen in die Wissenschaft geht über die bloße Akzeptanz von Fakten hinaus: Es gründet auf der Zustimmung zu den Prozessen, Institutionen und Personen, die das Wissen produzieren. Im Allgemeinen genießt die wissenschaftliche Gemeinschaft in der Bevölkerung eine hohe Glaubwürdigkeit. Doch Desinformation wie durch die sozialen Netzwerke gefördert, politische Polarisierung und wachsende Skepsis gegenüber Institutionen schwächen dieses Vertrauen.

Umso wichtiger ist es, dass Forschende und Institutionen eine gute Praxis etablieren, die auf der Einhaltung strenger ethischer Normen basiert. Dazu gehören Transparenz, Ehrlichkeit und Reproduzierbarkeit. Entscheidend ist danach schliesslich eine klare Kommunikation, mit der die Barrieren zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit überwunden werden können. Forschende müssen darin geschult werden, komplexe Ideen zu vereinfachen, ohne sie zu verfälschen. Zusammenarbeit mit den Medien und Initiativen zur verständlichen Vermittlung von Forschungsergebnissen, wie etwa öffentliche Foren, können die Wissenschaft zugänglicher machen und eine gewisse Nähe schaffen. Als letzten Punkt umfasst gute Praxis auch die Offenlegung von Daten und Methoden. Open Science fördert die unabhängige Überprüfung von Ergebnissen, regt Kooperationen an und beschleunigt Innovation.

Die Akademien der Wissenschaften Schweiz sind sich dieser Herausforderungen bewusst und fördern die akademische Integrität, Citizen Science und Open Data. Damit stärken sie das Vertrauen in die Wissenschaft. Um komplexe Herausforderungen wie den Klimawandel oder Pandemien bewältigen zu können, ist Vertrauen unverzichtbar.

## Bedarf an Infrastrukturen aufgezeigt

Welche grossen Infrastrukturen brauchen Forschende in der Schweiz künftig? Die Forschungsgemeinschaften in den Geowissenschaften, der Biologie, der Chemie, der Astronomie und in verschiedenen Bereichen der Physik haben ihren Bedarf in acht Roadmaps aufgezeigt. Diese Community-Roadmaps wurden im Dezember publiziert und sind eine Grundlage für die offizielle Schweizer Roadmap für Forschungsinfrastrukturen 2027.

## Nationaler Preis für offene Daten

Die Akademien der Wissenschaften Schweiz haben zum zweiten Mal den Nationalen Preis für offene Forschungsdaten (ORD-Preis) verliehen. Ausgezeichnet wurden vier Projekte von Schweizer Forschungsinstitutionen. Sie betreiben kollaborative oder interdisziplinäre Wiederverwendung von Forschungsdaten oder realisieren entsprechende Bildungs- und Outreach-Aktivitäten. Preisgekrönt wurden 2024 Pathoplexus (ETH Zürich, Swiss TPH, Universität Basel), Roads (ZHAW), Openwashdata (ETH Zürich) und Enac-IT4-Research (EPFL). Die Preise sind mit einer Gesamtsumme von 21 000 Franken dotiert.

## Nachwuchs wirkungsvoll gestärkt

Von 2000 bis 2018 erhielten 730 hochqualifizierte Forschende eine sogenannte SNF-Förderungsprofessur. Sie konnten mit ihrem Team an einer Hochschule ein mehrjähriges Projekt durchführen. Gesamthaft investierte der SNF 1,25 Milliarden Franken. Hat diese Förderung die Karriere der Forschenden vorangebracht? Im November 2023 hatten rund 80 Prozent von ihnen eine ständige Professur oder eine andere leitende Position in der Forschung. Inzwischen dürfte der Prozentsatz weiter angestiegen sein. Die Nachwuchsförderung ist eine Kernaufgabe des SNF.

## Meldestelle gegen Fehlverhalten

Die Schweiz erhält ein Kompetenzzentrum für wissenschaftliche Integrität (KWIS). Ab 2026 berät es Hochschulen, erhebt Daten zur Integrität und stärkt die Forschungskultur. Es wird von den Akademien der Wissenschaften Schweiz geführt und eng mit internationalen Partnern zusammenarbeiten. Ziel ist es, wissenschaftliches Fehlverhalten zu minimieren und die Qualität der Forschung zu sichern. Präsident des Zentrums wird Edwin Constable, der bereits die Expertengruppe Wissenschaftliche Integrität der Akademien der Wissenschaften Schweiz präsidiert hatte.

## Kontraproduktives Verbot

Die im November 2024 eingereichte Initiative «Ja zur tierversuchsfreien Zukunft» will Tierversuche in der Schweiz verbieten. Der SNF warnt vor den Risiken eines solchen Verbots, das die Position der Schweiz als Exzellenzzentrum für Forschung und Innovation schwächen würde. Die Schweiz wendet strenge Standards und Kontrollen an, um verantwortungsvolle Forschung zu gewährleisten. Bei einem Verbot könnten die Versuche in Länder mit deutlich tieferen Standards ausgelagert werden.

## Spatenstich im Wankdorf

Der SNF wird seine neue Geschäftsstelle in Wankdorf im Sommer 2027 beziehen. Die Bauarbeiten haben nun begonnen. Derzeit ist der SNF auf fünf Gebäude in der Nähe des Bahnhofs Bern verteilt. Da mehrere davon saniert werden müssen und die Stadt Bern in diesem Quartier weniger Büros möchte, kann der SNF nicht am bisherigen Standort bleiben. Ein Teil des neuen Gebäudes wird vermietet. Die Baukosten belaufen sich auf 54 Millionen Franken. Finanziert werden sie durch den Verkauf von Liegenschaften sowie einen von der Stadt Bern bewilligten Kredit über 33,9 Millionen Franken.

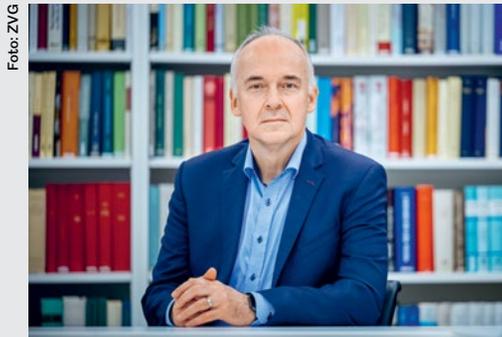
## Die SNF-Geschäftsstelle bekommt eine Co-Direktion



Ende März geht beim SNF mit der Pensionierung von Angelika Kalt ein Kapitel zu Ende. Sie begann 2008 als stellvertretende Direktorin, wurde 2016 Direktorin und hat die Entwicklung des SNF wesentlich geprägt. Ihre Nachfolge übernehmen am 1. April

2025 Katrin Milzow und Thomas Werder Schläpfer. Nach Prüfung von rund 80 Dossiers hat sich der Stiftungsrat für diese interne Nachfolge entschieden und setzt damit auf Kontinuität. Katrin Milzow ist seit 2024 Mitglied der Geschäftsleitung und Leiterin Entwicklung der Forschung. Seit 2008 hat sie die Abteilung Strategie aufgebaut. Thomas Werder Schläpfer ist seit 2020 Mitglied der Geschäftsleitung, stellvertretender Direktor sowie Leiter Forschungsförderung. Von 2017 bis 2020 stand er der Abteilung Mathematik, Natur- und Ingenieurwissenschaften vor.

## Neuer Präsident für den SNF-Forschungsrat



Im Rahmen der Reorganisation des SNF hat der Stiftungsrat den neuen Forschungsrat gewählt. Er nimmt seine Tätigkeit am 1. April 2025 auf und ist insbesondere für die wissenschaftliche Evaluation und die Förderpolitik des SNF verantwortlich. Zum Jahreswechsel übergab Matthias Egger das Präsidium nach acht Jahren. Der SNF dankt ihm für seine Weitsicht, Sorgfalt und Offenheit. Seine Führungskompetenz war für die Reorganisation des SNF von zentraler Bedeutung. Sein Nachfolger Torsten Schwede wird eine zentrale Rolle bei der Umsetzung der SNF-Strategie und der Bewältigung der aktuellen Herausforderungen spielen. Als aktiver Wissenschaftler und ehemaliger Vizerektor Forschung der Universität Basel kennt er die Bedürfnisse der Forschenden und der Hochschulen.

Horizonte 143, S. 36. «Die Pandemie will und will nicht aufhören»

## Schädliche Sicht auf Long Covid

Immer, wenn Krankheiten weniger gut erforscht sind oder wenn der aktuelle Forschungsstand von Ärztinnen und Ärzten weniger zur Kenntnis genommen wird, verbreiten sich psychosomatische Krankheitsmodelle. So auch bei Long Covid und der Myalgischen Enzephalomyelitis (ME), die als chronische Erkrankung nach Virusinfektionen nicht neu ist und bei der eine Reihe organischer Auffälligkeiten gefunden wurde. Den gleichen Verlauf nahmen viele Krankheiten, die heute als organisch anerkannt sind.

Trotzdem erfahren Menschen mit nicht objektivierbaren Beschwerden Gaslighting: So werden Ausmass, Schwere, Prognose und Symptome banalisiert (zum Beispiel wird Fatigue als Müdigkeit bezeichnet). Betroffene mit Multipler Sklerose oder durch Helicobacter pylori ausgelösten Bauchschmerzen erlebte einst dasselbe Schicksal, bis Forschende die fehlende Evidenz zutage förderten. Die falsche Erklärung von ME über empirisch unhaltbare Thesen wie die zentrale Sensibilisierung, Persönlichkeit oder soziale Umstände erschwert die Anerkennung durch Sozialversi-

cherungen, führt zu Stigmatisierung und zu falschen Therapien. So kann die oft angewandte aktivierende Therapie aufgrund des Leitsymptoms der Post-Exertional Malaise zu nachhaltigen Zustandsverschlechterungen führen.

Bei 500 000 Betroffenen in der Schweiz mit Long Covid und ME und bei 4 Milliarden Franken volkswirtschaftlichen Kosten pro Jahr ist es notwendig, mehr in Ausbildung von Fachpersonen sowie Ursachen-, Therapie- und Versorgungsforschung zu investieren!

Chantal Britt, wissenschaftliche Mitarbeiterin am Kompetenzzentrum Partizipative Gesundheitsversorgung der Berner Fachhochschule; Cornelia Rügger, Professorin für soziale Diagnostik und Prozessgestaltung an der FHNW

Horizonte 143, «Fokus: Forschung für den Frieden»

## Mehr Forschung zu nicht letalen Abwehrmitteln

Bei der Behandlung des Themas Frieden fällt auf, dass das Gewaltmonopol des Staates und wie es durchgesetzt werden sollte, nicht angesprochen wurde. Dabei ist dieses eine Voraussetzung für Frieden. Die Äusserung von Nadia Mazouz auf der Rückseite des Heftes zur Militärforschung erweckt den Eindruck, als solle die Unversität von dieser Frage besser die Hände beziehungsweise den Kopf lassen. Bis jetzt gibt es gegen De-

monstrantinnen, Banden oder Angreifer jeder Art kaum unschädliche Abwehrmittel. Wäre es nicht eine lohnende Aufgabe, solche zu entwickeln? Die Rüstungsbetriebe produzieren nur letale Waffen. Bei einzelnen Tobsüchtigen wird schliesslich auch mit einem Mittel sediert, ohne sie gleich totzuschlagen.

Thomas Gehring, Gymnasiallehrer im Ruhestand in Winterthur

Horizonte 143, S. 2: «Editorial: Wissenschaft ist keine Friedensaube»

## Angriffskrieg ist unsinniger Begriff

Schön, dass Sie über den Frieden nachdenken. Ich habe mich einfach gefragt, warum Sie das künstliche Konstrukt «Angriffskrieg Russlands gegen die Ukraine» verwenden. In Kriegen wird immer angegriffen, darum ist diese Doppelung Unsinn. Ebenso versteckt sich darin eine einseitige Schuldzuweisung. Dieses Konstrukt ist Teil einer kognitiven Kriegsführung und fördert den Krieg. Ebenso impliziert es, dass der Krieg ohne Vorgeschichte im Februar 2022 begann. Friedenswille beginnt mit der Sprache. Verteufelung erschwert oder verunmöglicht den Dialog und das Zusammenleben als Nachbarn. In der Psychologie ist bekannt, dass die

Entmenschlichung oder gar Dämonisierung die Rechtfertigung ist, um Gräueltaten zu begehen. In einem Wissenschaftsmagazin würde ich mir mehr Differenzierung und Sorgfalt mit der Sprache wünschen.

Stephan Kinzel, selbstständiger Psychotherapeut in Basel

## Schreiben Sie uns Ihre Meinung

Sie möchten auf einen Artikel reagieren? Wir freuen uns über Ihren Kommentar auf Twitter @horizonte\_de sowie Ihre Mail an [redaktion@horizonte-magazin.ch](mailto:redaktion@horizonte-magazin.ch) – Rückmeldungen bis spätestens am 31. März 2025.

## Hier abonnieren Sie die Printausgabe:

[horizonte-magazin.ch/abo](http://horizonte-magazin.ch/abo)



**Horizonte**  
Das Schweizer Forschungsmagazin erscheint viermal jährlich auf Deutsch und Französisch. Die Online-Ausgabe erscheint auch auf Englisch. 38. Jahrgang, Nr. 144, März 2025

[horizonte-magazin.ch](http://horizonte-magazin.ch)  
[redaktion@horizonte-magazin.ch](mailto:redaktion@horizonte-magazin.ch)

Das Abonnement ist kostenlos:

[horizonte-magazin.ch/abo](http://horizonte-magazin.ch/abo)

Bei Fragen und Änderungswünschen zu Ihrem Abonnement: [abo@horizonte-magazin.ch](mailto:abo@horizonte-magazin.ch)

**Redaktion**  
Florian Fisch (ff),  
Co-Leitung  
Judith Hochstrasser (jho),  
Co-Leitung  
Astrid Tomczak-Plewka (ato)  
Sophie Rivara (sr)  
Yvonne Vahlensieck (yv)

**Gestaltung und Bildredaktion**  
Bodara GmbH,  
Büro für Gebrauchsgrafik  
13 Photo AG

**Übersetzung**  
Weber Übersetzungen

**Korrektorat**  
Birgit Althaler  
Anita Pfenninger

**Chefredaktion**  
Christophe Giovannini

**Herausgebende**  
Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (SNF)  
Wildhainweg 3  
CH-3001 Bern  
Tel. 031 308 22 22  
[com@snf.ch](mailto:com@snf.ch)

Akademien der Wissenschaften Schweiz  
Haus der Akademien  
Laupenstrasse 7  
CH-3001 Bern  
Tel. 031 306 92 20  
[info@akademien-schweiz.ch](mailto:info@akademien-schweiz.ch)

Der Schweizerische

**Nationalfonds** fördert im Auftrag des Bundes die Forschung in allen wissenschaftlichen Disziplinen. Er investiert jährlich rund eine Milliarde Franken. Aktuell sind fast 6000 Projekte im Gang, an denen über 22 000 Forschende beteiligt sind.

**Die Akademien der Wissenschaften Schweiz** setzen sich im Auftrag des Bundes für einen gleichberechtigten Dialog zwischen Wissenschaft und Gesellschaft ein. Sie vertreten die Wissenschaften institutionen- und fachübergreifend.

**Druck und Litho**  
Stämpfli AG, Bern/Zürich  
klimaneutral gedruckt,  
[myclimate.org](http://myclimate.org)

Papier: Munken Kristall  
Smooth Brilliant White,  
Magno Star

Typografie: Caslon Doric,  
Sole Serif

**Auflage**  
29 800 deutsch,  
13 600 französisch

© alle Rechte vorbehalten.  
Nachdruck der Texte möglich. Lizenz: Creative Commons BY-NC-ND  
ISSN 1663 2710

Die Artikel geben nicht unbedingt die Meinung der Herausgebenden SNF und Akademien wieder.

Wir streben gendergerechte Sprache an und verwenden deswegen beide generischen Formen sowie neutrale Formulierungen wie «Forschende».

Die Texte in Horizonte sind nach journalistischen Standards geschrieben. Künstliche Intelligenz kann bei bestimmten Arbeitsschritten verwendet werden (z.B. Recherchehilfe, Transkription), die Autorinnen und Autoren verfassen die Texte aber selbst und bürgen für den Inhalt.

# Ist es sinnvoll, Menschen in den Weltraum zu schicken?

**JA** Ich bin immer wieder erstaunt, dass Menschen, die sich fundiert mit astrophysikalischer Forschung befassen, diese Frage guten Gewissens mit Nein beantworten. Viele von ihnen nutzen die Ergebnisse des Hubble-Teleskops. Ohne die menschlichen Interventionen während fünf Weltraummissionen zwischen 1993 und 2009 wäre es inzwischen vollkommen unbrauchbar. Natürlich würden sie mir entgegnen: «Jetzt haben wir aber das Webb-Weltraumteleskop, den grossen Bruder von Hubble, das im Infrarotbereich arbeitet und perfekt funktioniert – ohne teure und gefährliche bemannte

Missionen ins All.» Das ist zwar richtig, aber aufgrund der aktuellen Statistik dieser beiden Teleskope allein können wir nicht auf die Zukunft schliessen. Im November 2019 hat es zum Beispiel einen weiteren Einsatz mit Astronauten an einem wertvollen wissenschaftlichen Instrument gebraucht, dem Alpha-Magnet-Spektrometer auf der Internationalen Raumstation ISS. Der Antimaterie-Detektor soll unter anderem dazu beitragen, den Ursprung des Universums besser zu verstehen. Dass er erfolgreich gerettet werden konnte, obwohl ursprünglich keine Reparaturen im Orbit vorgesehen waren, hat deutlich gezeigt, dass der Mensch nicht nur «zum Vergnügen» im Weltraum ist.

Es gibt noch eine andere heftig debattierte Idee: eine bewohnte Basis am Südpol des Mondes für Langzeitaufenthalte von Astronautinnen aus dem Artemis-Programm der Nasa und aus China. Artemis dient zwar in erster Linie wissenschaftlichen Zwecken, wird aber auch als eine Zwischentappe auf dem Weg zu bemannten Flügen zum Mars betrachtet. Ich bin nicht für eine baldige Besiedlung des roten Planeten,

wie es Elon Musks Vision ist. Doch der Mars wird bestimmt dereinst von Astronautenteams erforscht werden. Das ist eine grosse technische Herausforderung, kann aber auch eine unglaubliche Inspirationsquelle sein, die für starke Emotionen sorgt, ähnlich wie das Apollo-Mondprogramm vor einem halben Jahrhundert. Und es bedeutet auch einen Versuch, die Antwort auf eine hochinteressante Frage zu finden: Ist der Mensch in der Lage, langfristig gesund an einem anderen Ort als der Erde zu leben?

**NEIN** Perseverance, Juice, Bepi Colombo und wie sie alle heissen: Diese kleinen Weltraumroboter erforschen unser Sonnensystem und senden Bilder, Proben und physikalische Daten, die uns Forschenden helfen, Entstehung und Entwicklung der Planeten besser zu verstehen. Jede Generation von Sonden ist leistungsfähiger als die vorherige, und die rasante Entwicklung der künstlichen Intelligenz verspricht für die Zukunft einen weiteren Meilenstein: Sobald diese kleinen Roboter in der Lage sind, während ihrer Mission Entscheidungen zu treffen, wird es überflüssig, Menschen an ihrer Stelle ins All zu schicken.

Die Sonden an den Robotern haben einen grossen Vorteil: Sie müssen weder atmen noch essen noch vor Strahlung geschützt werden. Die finanziellen Ressourcen fliessen also vollumfänglich in ihre Leistungsoptimierung und ihren Transport in den Weltraum. Bei bemannten Missionen hingegen kann das Überleben der Reisenden unter erträglichen Bedingungen nur mittels exorbitanter Kosten sichergestellt werden.

Den Menschen liegt der Entdeckergeist im Blut, stets brechen sie zu neuen Horizonten auf. Nachdem sie die Erde vollumfänglich ausgekundschaftet hatten, richteten sie den Blick zum Himmel. Nach dem temporären Exploit der Eroberung des Mondes sicherten Raumstationen die langfristige Präsenz des Menschen im All. Dadurch konnte die Wissenschaft alle möglichen Fakten über die menschliche Physiologie verstehen lernen, etwa dass sich Schwerelosigkeit extrem negativ auf Lebewesen auswirkt. Die resultierende Störung des Flüssigkeitshaushalts belastet den Stoffwechsel und führt zusammen mit der höheren Strahlenbelastung zu mehr oder weniger schweren Erkrankungen. Das macht deutlich, wie empfindlich unser Organismus ist, wenn er aus dem natürlichen evolutionären Umfeld gerissen wird.

Die finanziellen Ressourcen der Länder sind nicht erschöpflich. Die Menschheit muss aktuell unzählige Herausforderungen bewältigen, damit sie auf der Erde ein würdiges Leben hat. Es ist absurd, riesige Summen in bemannte Missionen zu investieren, wenn doch der Aufenthalt im Weltraum für Roboter ein Kinderspiel ist.



Foto: ZVG

**«Sobald die Roboter Entscheidungen treffen können, wird es überflüssig, Menschen ins All zu schicken.»**

**Sylvia Ekström** ist Astrophysikerin an der Universität Genf mit Schwerpunkt Sternphysik. Sie schrieb 2020 ein Buch mit dem Titel «Wir werden nicht auf dem Mars oder anderswo leben».

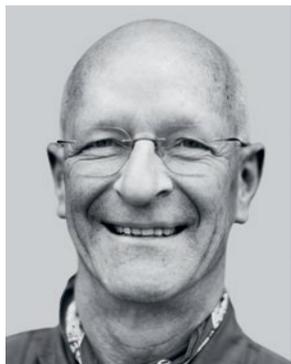


Foto: Gaetan Bally / Keystone

**«Ohne menschliche Intervention wäre das Weltraumteleskop Hubble inzwischen völlig unbrauchbar.»**

**Claude Nicollier** ist Mitglied der Eidgenössischen Kommission für Weltraumfragen und emeritierter Professor der EPFL. Er ist Astrophysiker und war der erste Schweizer Astronaut.

«Wenn es das Nichts neben unserem Universum geben würde, müssten wir in der Lage sein, es zu lokalisieren. Das widerspricht aber seiner Definition.»