

Horizonte

Das Schweizer Forschungsmagazin

138 September 2023

Mitten im
Geldrausch

Seite 12



Fiktion im Portemonnaie



Florian Fisch
Co-Redaktionsleiter

Geld kann man nicht essen. In dieser lapidaren Aussage steckt erstaunlich viel Wissenschaft. Zahlungsmittel sind das perfekte Beispiel einer sozialen Konstruktion. Zwar existiert der Wert des Geldes ausschliesslich in den Köpfen der Menschen, und dennoch gibt es im Alltag kaum etwas Realeres. Egal, ob es sich um geprägte Metallscheiben, verzierte Papierstücke, mit Datum versehene Zahlen auf einem Bildschirm oder geschliffene Kohlenstoffkristalle handelt: Wer sie besitzt, kann sich damit viele wertvolle Dinge kaufen. Würde uns hingegen eine ausserirdische Zivilisation besuchen, wäre sie von einem Koffer voller 1000-Franken-Noten nicht beeindruckt.

Daraus kann man mindestens zwei Lehren ziehen: Erstens kann die Erfindung Zahlungsmittel gestaltet werden. Welche Inflationsrate die Nationalbank anstrebt, ob internationale Wechselkurse an einen Standard gekoppelt werden sollen und ob wir mit den Zinsen eher die Sparer oder die Investorinnen motivieren wollen: Es handelt sich um rein menschliche Entscheidungen. Trotzdem ist zweitens der Wert der Zahlungsmittel so tief in uns verankert, dass wir das Geld selbst für etwas Dingliches halten, wie einen Baum oder ein Haus. Von Kindesalter an lernen wir, wie man kauft und verkauft, spart und investiert. Die daraus entstehenden Überzeugungen sind nur schwer zu verändern.

Noch schwieriger ist es allerdings, komplexe Marktmechanismen vorherzusehen. Kein Individuum, kein Land kann unabhängig von anderen agieren. Das bekam die Schweiz beim Untergang der CS deutlich zu spüren. Diesem Spannungsfeld zwischen Gestaltungsspielraum und Ausgeliefertsein widmet sich auch der Fokus in dieser Ausgabe. Einerseits wurden die Schweizerinnen und Schweizer in ein Bankenland geboren und sind Einkommen und Vermögen ungleich verteilt, was die Machtverhältnisse in Familie und Politik beeinflusst. Andererseits gibt es immer auch Alternativen, seien es Kryptowährungen oder Muschelgeld, sei es, worauf wir unser Selbstbild aufbauen oder ob wir gar unser Start-up auf nachhaltige Anlagen anstatt nur auf maximale Gewinne ausrichten.



Wie das Geld fließt

16 [Wettkampf im Währungsmarkt](#)
Warum Bitcoin nur der Anfang war

20 [Die Macht auf dem Bankkonto](#)
Wie das Kapital in Politik und Liebe dominiert

22 [Heiliger Wohlstand](#)
Was Reichtum oder Armut mit unserer Persönlichkeit machen

24 [Finanztechnologie im Umbruch](#)
Über sechs Start-ups, die Investition ganz neu gestalten

Links: In der Börse Zürich wurden 2022 rund 1200 Milliarden Schweizer Franken umgesetzt.
Titelseite: Gehandelt wird allerorts. Auf dem Flohmarkt am Basler Petersplatz wird noch fleissig bar bezahlt.
Fotos: Tom Huber

4 [Im Bild](#)
Rubinroter Polyeder mit Fisch

6 [Aus der Wissenschaftspolitik](#)
Ehrliche Worte eines Gescheiterten, trotziger Kampf für offene Daten und eine Bitte an Professorinnen

10 [Aus der Forschung](#)
Von Robotern aus Kinderhand, giftigen Bakterien in tiefsten Tiefen und früher Diagnose von Alzheimer

13 [So funktioniert's](#)
Wo Algen einzigartig gehegt werden

28 [Reportage](#)
Im Reich der mächtigen Zentrifuge



32 [Gemeinsam stärker](#)
Wie Pilze den Bäumen bei Hitzestress unter die Wurzeln greifen

34 [Blinde Flecken](#)
Verdrängt, vergessen, verpöht: heikle Themen in der Wissenschaft

38 [Stagnation im Beschleuniger](#)
Von der Krise der Teilchenphysik

40 [Optimal für Privatwirtschaft](#)
Warum es mit Lehre und Tertiärstufe so gut klappt

42 [Hundertfach geteilter Laserstrahl](#)
Wie der Frequenzkamm Datenübertragung noch schneller macht

43 [Kaninchen im Schoss](#)
Tiere motivieren Patientinnen in der Neurorehabilitation

44 [Jugendliche unter Studierenden](#)
Hochschulen bieten immer mehr Lösungen für superkluge Kids

46 [Porträt](#)
Der Superheld für Bienen



48 [SNF und Akademien direkt](#)
50 [Rückmeldungen/Impressum](#)

51 [Debatte](#)
Ist es gut, wenn Maschinen Moral bekommen?

Mathe in Rubin

«Wir wussten anfangs nicht, wie wir die Ergebnisse der Masterarbeit anschaulich darstellen sollten», erzählt Norbert Hungerbühler, Mathematikprofessor an der ETH Zürich. Zusammen mit seinem Studenten Marcel Pirron hatte er eine Reihe von regelmässigen Körpern gefunden, darunter das im Bild als leuchtend roter Rubin dargestellte sogenannte monohedrale Polyeder. Solche Polyeder zeichnen sich durch exakt deckungsgleiche Seitenflächen aus – wie bei einem Würfel. «Da kam uns die Idee, die Mathematik mit Kunst zu verbinden, aber unsere anfänglichen Bilder waren für eine Publikation nicht gut genug.» Also hat sich Norbert Hungerbühler zusammen mit seiner Tochter an die Visualisierung gemacht. Nina Hungerbühler studiert an der Zürcher Hochschule der Künste.

Die beiden arbeiteten mit der Open-Source-Software Blender, die es erlaubt, Einstellungen wie Beleuchtung, Materialeigenschaften oder Kamerawinkel in der Szene festzulegen. «Eines der Polyeder wollten wir unter Wasser setzen», sagt Norbert Hungerbühler. Dazu mussten die typischen Lichtreflexe berechnet werden. Zudem sollte ein Fisch beim Erkennen helfen. Dieser wurde dem Modell eines Blender-Künstlers nachempfunden. «Der Fisch war der aufwendigste Teil. Meine Tochter hat dafür ein zwölfstündiges Tutorial studiert.» Für die Berechnung des Bildes benötigte ein starker ETH-Computer zwei Stunden. Das Herumtüteln mit zahlreichen Versuchen verursachte ein bis zwei Wochen Arbeit.

Das Rubin-Polyeder hat 74 Ecken, 144 Kanten und 72 deckungsgleiche Vierecke als Flächen. Nach einer Neuntelumdrehung um eine fast Vertikale sieht es wieder exakt gleich aus. «Als Stein oder mit moosartigem Material hat das nicht gut gewirkt», so Hungerbühler. «Damit unter Wasser der beste Kontrast entsteht, muss das Polyeder rot sein und beleuchtet werden. So kamen wir auf den Rubin.» Zusammen mit anderen regelmässigen Polyedern aus Marmor, Kohle, Bernstein und Perlmutter haben Vater, Tochter und Student es zur Publikation im Journal of Mathematics and the Arts eingereicht.

*Florian Fisch (Text),
Nina Hungerbühler, Norbert Hungerbühler,
Marcel Pirron (Bild)*





Aufgeschnappt

«Das schafft eine digitale Hierarchie von Besitzenden und Besitzlosen. Es gibt Institutionen, die sich diese Preise für Texte einfach nicht leisten können.»

Foto: zVg



Caroline Ball ist Bibliothekarin an der britischen Universität Derby und Mitbegründerin der akademischen Kampagne Ebook-SOS. Sie nahm in einem Bericht des Guardian Stellung zu den hohen Kosten von Online-Lehrbüchern, welche die meisten Studierenden hauptsächlich lesen wollen – sie seien oft viel teurer als die Papierversion.

So kostet die Lizenz eines bekannten Standard-Biologie-Lehrbuchs die Bibliotheken als E-Book 975 Pfund, während die Printversion 75 Pfund kostet.

In Indien wird trotzig um Sci-Hub gekämpft

Alexandra Elbakyan geht den wissenschaftlichen Verlagen so richtig auf die Nerven. Die 34-jährige Programmiererin aus Kasachstan stellt auf dem Online-Portal Sci-Hub illegal heruntergeladene wissenschaftliche Publikationen frei zur Verfügung. Im Dezember 2020 haben die grossen Verlage Elsevier, Wiley und die American Chemical Society sie in Indien wegen Verletzung des Urheberrechts angeklagt. Dort wird das Portal nämlich rege genutzt. Das Gericht hat sofort verfügt, dass Sci-Hub keine neuen Artikel bereitstellen darf. Ein Schlag für Elbakyan? «Na ja, vielleicht wird Sci-Hub zu einer Art Museum werden, das die Geschichte des Kampfes für den Zugang zu wissenschaftlichen Artikeln enthält», sagte sie gegenüber dem Podcast Radiolab im April 2023.

Tatsächlich wird Open Access weltweit immer mehr zum Standard – auch wegen Sci-Hub, das zu einem unverzichtbaren Werkzeug für Forschende weltweit geworden ist. Gerade in Indien ha-

ben viele keinen Zugang via ihre Institutionen, und kaum jemand in der Welt zahlt die 30 oder mehr Dollar, die ein einzelner Artikel normalerweise kostet.

Elbakyan stand auch schon vor einem US-Gericht, wo sie 2017 in Abwesenheit zur Zahlung von 15 Millionen Dollar Schadenersatz verurteilt wurde. In der Öffentlichkeit verteidigt sie sich mit dem Menschenrecht auf Teilhabe am wissenschaftlichen Fortschritt. Trotzdem versuchen diverse Staaten und Institutionen, Sci-Hub zu blockieren, doch die eifrige Hackerinnen-Community um Sci-Hub findet immer neue Wege, die Sperren zu umgehen.

Ob Sci-Hub in Indien unter sogenanntes Fair Dealing fällt, hatte die dortige Justiz bis im Juli 2023 immer noch nicht geklärt. In der Zwischenzeit hat Elbakyan Millionen neuer Artikel hochgeladen und twitterte dazu einsilbig: «Sie fragen sich vielleicht, ob das nicht gegen die gerichtliche Verfügung ist: Unsere Anwälte sagen, die Einschränkung ist ausgelaufen.» ff

«Vielleicht wird Sci-Hub zu einer Art Museum werden.»



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



«Das Scheitern meines Start-ups hat mich gelassener gemacht»

Wer ein Spin-off gründet, weiss, dass Scheitern jederzeit möglich ist. Aber nur wenige äussern sich nach einem Misserfolg öffentlich. Lucian Cucu ist eine Ausnahme. 2016 war er Mitbegründer des Unternehmens Rovenso, das Überwachungsroboter für gefährliche oder für Menschen schwierige Situationen entwickelte. Im Herbst 2022 musste das Unternehmen Konkurs anmelden.

Lucian Cucu, was hat Sie dazu gezwungen, das Abenteuer Rovenso zu beenden?

Je nach Perspektive: Es gab einerseits einen plötzlichen Strategiewechsel beim Investor – das war überraschend, denn zuvor hatten wir einen wichtigen Kunden unter Vertrag genommen und bereiteten uns auf den Einsatz von Robotern in Berlin und Israel vor. Wir waren auch die Ersten, die einen Roboter hatten, der auf einem Flughafengelände fuhr. Andererseits hatten wir wohl zu viele Variablen im Produkt: Jeder Kunde hatte seine eigenen Anforderungen, und das Projekt wurde technisch zu komplex, um es zu realisieren. Daneben mussten wir viele Vorführungen organisieren, die erhebliche Ressourcen verschlangen. Schliesslich hat die Pandemie auch nicht geholfen.

Was nehmen Sie dennoch mit?

Persönlich bin ich äusserst dankbar dafür, dass ich meine Mitbegründer getroffen habe. Es war zudem eine seltene Gelegenheit für eine



Lucian Cucu bereut nicht, dass er ein Spin-off mitgegründet hat. Auch wenn es inzwischen fehlgeschlagen ist. Foto: zVg

Innovation. Das Scheitern selbst hat mich gelassener gemacht. Ich wurde mir bewusst, dass sich die Erde trotzdem weiterdreht.

Das klingt alles sehr positiv. Hatte das Scheitern keine negativen Auswirkungen?

Doch, natürlich! Ich verbrachte einen mise-

rablen Sommer 2022. Bei den Verhandlungen fühlte ich mich machtlos und extrem frustriert. Es gab auch Tränen. Und während der gesamten Ferien war ich krank, weil mein Immunsystem am Ende seiner Kräfte war.

Sie reden sehr offen!

In der Schweiz spricht man normalerweise nicht über Misserfolge. Aber man muss sich dafür nicht schämen. Mitbegründer Thomas Estier gab den Konkurs auf LinkedIn bekannt, woraufhin sich viele Menschen an ihn wandten. Transparenz hat den Vorteil, dass sie Klarheit für Kundinnen, Lieferanten und andere Beteiligte schafft.

Würden Sie Studierenden trotzdem raten, ein Spin-off zu gründen?

Auf jeden Fall. Nur auf diesem Weg kann man die Welt der Spin-offs erleben. Man kann frei und unabhängig arbeiten. Und ein steiniger Weg ist immer auch bereichernd. Das ist vielleicht eine protestantische Einstellung (lacht).

Was machen Sie derzeit?

Ich habe zum Glück einen Investor gefunden, der die fünf Personen aus dem technischen Team übernommen und in eine grössere Gruppe eingegliedert hat. Das ist eine sehr interessante Arbeit und ein aussergewöhnliches Happy End. ff



Ein Nutzer visualisierte, welchen Leuten er folgt. Grafik: Edouard Laurent/Github

Twitter alias X verlangt jetzt von Forschenden Geld für Datenzugang

Für Forschende war Twitter, seit Ende Juli umgetauft in X, lange eine Daten-Goldgrube. Mithilfe einer Schnittstelle konnten sie das Verhalten von Nutzenden, soziale Bewegungen und die Verbreitung von Desinformation relativ einfach studieren. Seit März 2023 verlangt die Plattform für den Zugang über 40 000 Dollar pro Monat. Die Coalition for Independent Technology Research verfasste deshalb einen offenen Brief und warnte vor den Folgen dieser Einschränkung.

Seit Mai müssen die Forschenden laut dem britischen Magazin Inews ihre Daten sogar rückwirkend löschen. Sie können also nicht mehr offenlegen, wie sie zu ihren Schlussfolgerungen kamen. «Diese Entscheidung könnte die Reproduzierbarkeit verschlechtern», sagt Manoel Horta Ribeiro, Datenforscher an der EPFL. ff

Wie weltweite Kooperation nützt

Internationale Zusammenarbeit wird in der Forschung grossgeschrieben, insbesondere in den Naturwissenschaften. Es gibt entsprechend unzählige Abmachungen zwischen Institutionen verschiedener Länder. Forschende aus Brasilien wollten nun wissen, was diese der Wissenschaft konkret bringen. Deswegen haben sie untersucht, wie sich die internationalen Kooperationen der São Paulo Research Foundation (FAPESP) auswirken.

Dafür haben sie eine «quasi-experimentelle Evaluierung» gemacht, wie sie selbst im Abstract schreiben. Sie haben einen Vergleich zwischen der Finanzierung internationaler Zusammenarbeit im Rahmen einer Kooperationsvereinbarung und ohne eine solche Abmachung unternommen. Dafür haben sie Daten von der FAPESP zwischen 1990 und 2018 angeschaut. Sie haben dabei herausgefunden, dass die Vereinbarungen «gemessen an den Zitationen, am H-Index und an der Anzahl an

Mitautorenschaften in wissenschaftlichen Papers einen positiven und signifikanten Impact haben». Die Forschenden vermuten, dass die beteiligten Institutionen mehr Unterstützung in Form von finanziellen, personellen und materiellen Ressourcen bereitstellen, wenn es Vereinbarungen gibt. Ausserdem seien in diesen Fällen eher Forschungsteams als einzelne Forschende beteiligt, «was sich positiv auf Engagement und Einsatzbereitschaft auswirken kann». Sie betonen aber, dass die Gründe dennoch weiter untersucht werden müssten.

Überraschenderweise fanden sie jedoch keinen Zusammenhang zwischen den internationalen Vereinbarungen und der Anzahl daraus resultierender wissenschaftlicher Arbeiten oder technologischer Entwicklungen. Trotzdem ziehen sie das Fazit: «Unsere Ergebnisse unterstreichen die wichtige Rolle von Vereinbarungen, um einen grösseren Impact zu erzielen und Spitzenleistungen zu fördern.» jho

Forschung verantwortlich für Desinformation

Wissenschaft ist sich selbst die grösste Feindin. Das zumindest behauptet ein **Buch mit dem Titel «Misstrauen» des US-amerikanischen Ökonomen Gary Smith**, dem Nature eine wohlwollende Rezension widmet. Er begründet das wie folgt: «Desinformation wird über das Internet verbreitet, das Wissenschaftler geschaffen haben. Data Torturing (die Bearbeitung von Daten, bis diese zeigen, was man beweisen will, Anm. d. Red.) wird immer weiter getrieben, weil Wissenschaftlerinnen auf empirischen Beweisen beharren. Data Mining wird durch grosse Datenmengen und leistungsstarke Computer angeheizt, welche Forschende geschaffen haben.» Es gibt auch Kritik am Buch: **Enttäuschenderweise mangle es an wissenschaftlichen Referenzen.** «In einem Buch über Desinformation sollte es heilige Pflicht sein, die Quellen für jede Behauptung anzugeben.» jho

Ernstfall

EIN WEITERER ERFOLGLOSER TESTLAUF DES GEDANKENLESE-APPARATS



Illustration: Tom Gauld / Edition Moderne



«Diejenigen mit sicheren Arbeitsplätzen müssen das Ihre tun»

Uns vom Mittelbau wird oft empfohlen, wir sollen uns doch einfach noch etwas mehr für Verbesserungen einsetzen – zwischen befristeten Verträgen, Abschlussstress und Jobsuche. Uns wird gerne die Verantwortung für Veränderungen zugeschoben. Die tatsächliche Möglichkeit, etwas im Hochschulsystem zu bewirken, liegt aber fast ausschliesslich bei Professoren.

Damit Hochschulen zu einem positiven Arbeitsumfeld werden, sind wir entsprechend auf verbündete Professorinnen angewiesen. Viele aus dem Mittelbau setzen sich weit über ihre Kapazitätsgrenzen für Veränderungen ein. Unsere befristeten Verträge machen ein ehrenamtliches Engagement schwieriger. Alleinerziehenden bleibt zwischen Kindern, Forschung und Lehre sowieso kaum Zeit zum Atmen, und bei Nachwuchsforschenden aus Drittstaaten ohne Personenfreizügigkeit hängt sogar der Aufenthaltsstatus in der Schweiz von ihrer Betreuungsperson ab.

So sei hier explizit denjenigen Professorinnen gedankt, die diese Verantwortung wahrnehmen, die sich in die Debatten um Forschungskultur, Anstellungsbedingungen und Karriereöglichkeiten einschalten, die sich für die Erfahrungen des Nachwuchses interessieren. Nur dank ihnen kommen wir voran. Diejenigen mit sicheren Arbeitsplätzen, unbefristeten Verträgen und gutem Einkommen müssen das Ihre tun. Sie haben nicht nur die richtigen Bedingungen dazu, sondern auch tatsächlich die Macht: Wenn Professoren, Dekaninnen oder Rektoren Veränderungen wollen, werden diese möglich, wie die Einführung von Lecturer-Stellen an der Universität Zürich oder auch die zügige Entwicklung hin zu Open Access zeigen.

Wichtig dafür sind Aufmerksamkeit statt Egozentrismus, Respekt statt Misstrauen gegenüber Angestellten. Nur so können wir die brillante Kollegin, die alleine zwei Kinder grosszieht, in der Forschung halten, können Nachwuchsforschende aus Drittstaaten bei Konflikten Lösungen finden, die nicht gleich ihre ganze Existenz bedrohen, kann unser Hochschulsystem zu einem Ort werden, an dem man gerne sein Bestes gibt – nicht nur aufgrund permanenten Leistungsdrucks.

Hannah Schoch doktoriert in Amerikanistik an der Universität Zürich, setzt sich als Co-Präsidentin von Actionuni für den Mittelbau ein und ist Programm-Managerin beim Thinktank Reatch.

22%

aller Zitierungen von Papern, die an 25 Konferenzen zwischen 2013 und 2020 präsentiert wurden, **stammten von Forschenden aus dem Publikum**, die zudem gar nicht geplant hatten, den entsprechenden Vortrag zu besuchen. Sie hatten sie nicht als Wunschveranstaltung angekreuzt. Dieser Serendipitous Diffusion genannte Effekt wurde vom US-amerikanischen Computerwissenschaftler Misha Teplitskiy belegt. **Es lohnt sich also, Paper an Konferenzen vorzutragen.** Man erreicht so auch Leute, die sich nicht wirklich für die Arbeit interessieren. Die Studie ist noch nicht peer reviewed. *jho*

One Health

Spätestens seit der Corona-Pandemie sollten es alle verstanden haben: Die Gesundheit von Menschen hängt eng mit der Gesundheit von Fledermäusen zusammen. Wird deren Lebensraum zerstört, übertragen sich ihre Krankheiten leichter. Fachleute haben bereits vor zwanzig Jahren den Begriff One Health (eine Gesundheit) definiert: Nachhaltige Gesundheitspolitik **betrachtet Mensch, Tier und Umwelt in einem.**

Dass es unmöglich ist, immer alles zusammen zu denken, zeigt sich nur schon an dem **Durcheinander von Konkurrenzbegriffen.**

Während One Health aus der Ecke der Human- und Veterinärmedizin stammt, legen die Sozial- und Geisteswissenschaften mit Eco Health den Schwerpunkt auf die Beziehung zwischen Systemen. Bei Planetary Health stehen natürliche Ressourcen und Klimawandel im Zentrum. Sascha Knauf, Veterinärmediziner am deutschen Friedrich-Loeffler-Institut, **spricht ironisch schon von «Galactic Health».** Man sollte die Erwartungen herunterschrauben und, anstatt sich über die Definition zu streiten, One Health besser als Aufruf verstehen, öfter über den Tellerrand zu schauen. *ff*

Gene weiterzugeben ist nicht so einfach

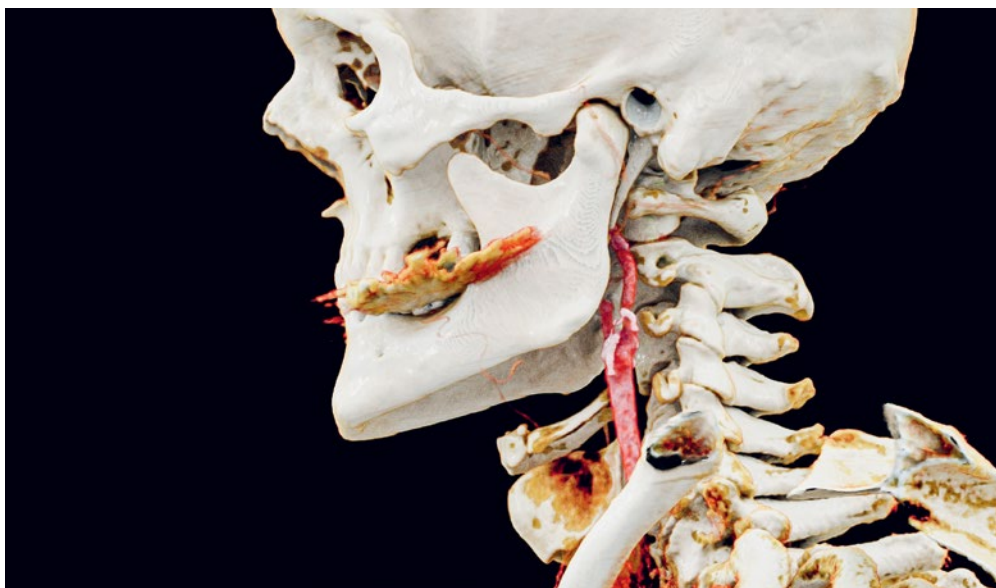
Ein natürliches Ziel jedes Lebewesens ist es, das eigene Erbgut weiterzugeben. Eine Studie hat nun untersucht, wie man den genetischen Erfolg einzelner Individuen vorhersagen kann. Anhand von Stammbäumen der Glarner Dörfer Linthal und Elm haben die Forschenden herausgefunden, dass die Anzahl direkter Nachkommen einen zuverlässigen Anhaltspunkt liefert.

Basis der Studie bildete die detaillierte Genealogie, die Johann Jakob Kubly-Müller über die Glarner Bevölkerung verfasst hat. «Das Werk ist eine einzigartige Datenbank, um reproduktive Fitness an unserer Spezies im zentraleuropäischen Kontext zu erforschen», sagt Evolutionsbiologe Erik Postma von der britischen Universität Exeter, der die Analyse mitbetreut hat.

Der Erstautor Euan A. Young schätzte den individuellen genetischen Beitrag von 3475 Menschen, die zwischen 1575 und 1735 geboren wurden, anhand von vier Indikatoren: Lebensdauer, Anzahl Kinder, Anzahl Kinder, die bis ins Erwachsenenalter überlebt hatten, und Anzahl Enkelkinder. Diese Vorhersagen verglich er mit den gemäss Stammbaum tatsächlichen bis 1990 vererbten Anteilen der Gene – rund zehn Generationen später. Seine Ergebnisse zeigen, dass die Zahl der Enkelkinder am zuverlässigsten den längerfristigen genetischen Erfolg voraussagt. Doch auch die Anzahl Kinder – meist einfacher zu ermitteln – liefert eine zufriedenstellende Annäherung. Fast ein Drittel der Unterschiede in der Vererbung liess sich damit erklären. Zu den restlichen Variationen könnten Migrationsbewegungen beigetragen haben. «Interessanterweise spielt es für den Erfolg im zukünftigen Genpool nur eine minimale Rolle, ob Nachwuchs bis zum Reproduktionsalter überlebt», sagt Postma. «Denn oft haben die Familien nach einem Todesfall ein weiteres Kind, um den Verlust auszugleichen.»

Anhand der Daten liess sich zudem die überraschend hohe Aussterberate einzelner Abstammungslinien berechnen: Fast drei Viertel der untersuchten Individuen hatten 1990 in den beiden Dörfern keine Nachkommen mehr. *Stéphanie Hegelbach*

E.A. Young et al.: The long-lasting legacy of reproduction: lifetime reproductive success shapes expected genetic contributions of humans after 10 generations. *Proceedings of the Royal Society B* (2023)



Eingriff nötig? Das digitale Modell der Halsschlagader hilft, das zu entscheiden. Bild: L. Dubs et al. (2023)

Virtueller Zwilling einer Arterie

Wenn die innere Halsschlagader verengt ist, stehen Mediziner oft vor einer schwierigen Entscheidung. Ob sie das Blutgefäss weiten sollen und vielleicht einen Stent einlegen, damit genügend Blut im Gehirn ankommt? Die Intervention birgt Risiken. So kann sich dabei ein Blutpfropf lösen und die Blutbahn blockieren. Eine neue Methode könnte helfen, besser abzuschätzen, ob ein Eingriff notwendig ist.

Oft stellen Ärztinnen die Verengung nämlich zufällig fest, ohne dass die Menschen an Symptomen leiden. «Der Grad der Verengung des Blutgefässes kann nicht als Mass für den Grad einer möglichen Blutflussstörung verwendet werden», sagt Vartan Kurtcuoglu von der Universität Zürich. In einer Pilotstudie mit dem Universitätsspital Zürich hat sein Team daher eine Simulation des Blutflusses im Computer erprobt.

Dafür nahmen sie die Daten von 37 Betroffenen, deren Halsschlagadern genau untersucht worden waren; dies mithilfe eines Doppler-Ultraschalls, der die Geschwindigkeit des Blutflusses misst, und der Anatomie, gewonnen mit Computertomografie. Der digitale Zwilling simulierte, wie sich der Druck vor und nach der verengten Stelle der inneren Halsschlagader unterscheidet, um eine Störung aufzuspüren.

Im Vergleich zu weiteren Ultraschalldaten zeigten sich die Ergebnisse als verlässlich. «Doch wird es noch dauern, bis sich aus diesen Simulationen Empfehlungen für oder gegen einen Eingriff ableiten lassen», so Kurtcuoglu. *Astrid Viciano*

L. Dubs et al.: Assessment of extracranial carotid artery disease using digital twins – a pilot study. *NeuroImage: Clinical* (2023)

Inklusiver Sport stärkt Kinder mit Behinderung

Foto: Stockphoto



Kinder mit geistiger Behinderung sind oft auch motorisch herausgefordert. Umso wichtiger ist ihre Einbindung in sportliche Aktivität, ob in Schule oder Verein. Dies fördert nicht nur körperliches Geschick und Gesundheit. «Sie entwickeln auch ein besseres Selbstkonzept», so Michael Eckhart von der PH Bern. *yy*

T. Schluchter et al.: Correlations between motor competencies, physical activity and self-concept in children with intellectual disabilities in inclusive education. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities* (2023)

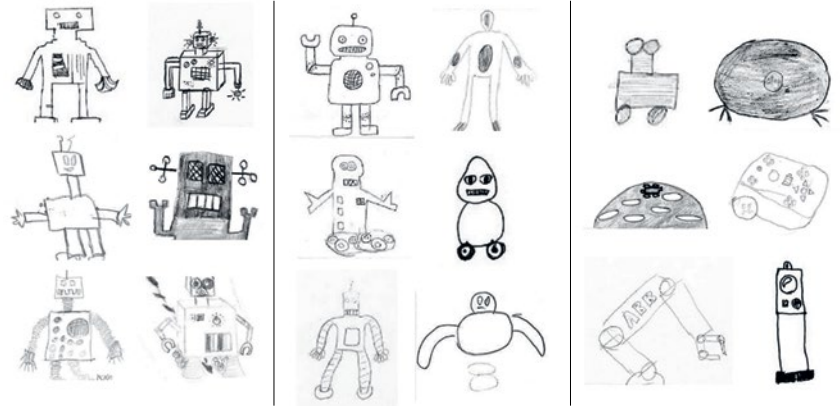
Unser ökologischer Abdruck im Ausland interessiert uns kaum

Den grössten Teil unseres ökologischen Fussabdrucks hinterlassen wir im Ausland – durch Konsum von Waren, die weit weg hergestellt werden. Das ist **weniger als der Hälfte der Schweizer Bevölkerung bewusst**, wie eine ältere Umfrage der ETH Zürich zeigte. «Die Leute haben auch ein eher geringes Interesse daran, politische Massnahmen zu unterstützen, die den ökologischen Fussabdruck ihres Konsums im Ausland verringern könnten», sagt der Politikwissenschaftler David Presberger.

In einer neuen Studie mit über 8000 Teilnehmenden untersuchte das Team, ob sich dies durch Schliessen der Wissenslücke ändern lässt. Dem war nicht so: Trotz zusätzlicher Informationen war die Befürwortung von etwa strengeren Handelsbeschränkungen oder Entwicklungshilfe für Umweltprojekte nicht substantiell höher. «Das Umweltbewusstsein ist zwar da, aber **sobald etwas Geld kostet, schwindet die Bereitschaft.**» *yv*

D. Presberger et al.: Factual information on the environmental impacts of consumption abroad increases citizens' problem awareness, but not support for mitigating such impacts. *Environmental Science and Policy* (2023)

Blickfang



Grafik: C. Giang et al. (2023)

Wie Kinder Roboter sehen

«Wie stellst du dir einen Roboter vor? Zeichne ihn!», lautete die Aufgabe von gut 100 Schulkindern. Heraus kamen dabei fantasievolle Bilder, die ein Team der Pädagogischen Hochschule Tessin (SUPSI-DFA) in **drei Kategorien einteilte und nach Filmhelden** benannte: **Wall-E**, der Trickfilm-Aufklärungsroboter, für eckig-humanoid (links), **Eve**, seine Freundin, für rund-humanoid (Mitte), **HAL**, aus «2001: Odyssee im Welt-raum», für nicht-humanoid (rechts). Das Projekt soll helfen, das Lernen mit und über Roboter zu verbessern. *yv*

C. Giang et al.: Have You Ever Seen a Robot? An Analysis of Children's Drawings Between Technology and Science Fiction. *Journal for STEM Education Research* (2023)

Toxische Bakterien in tiefster Tiefe

Obwohl die Phosphorbelastung der Schweizer Seen abgenommen hat, ist ein toxisches Cyanobakterium noch immer weit verbreitet. Es siedelt sich nun in zunehmend grösserer Tiefe an und könnte längerfristig in turbulente Bereiche absinken. Auf diese Weise könnte es dann wieder an die Oberfläche gelangen, wie Forschende der mikrobiellen Ökologie der Universität Genf zeigen. Ena Lucia Suarez und Bastiaan Ibelings untersuchen die sogenannte Eutrophierung (eine meist menschengemachte Anreicherung von Nährstoffen in einem Ökosystem, Anm. d. Red.) des Hallwilersees im Kanton Aargau mit Daten, die über einen Zeitraum von 35 Jahren gesammelt wurden. Diese Eutrophierung war insbesondere eine Folge der starken Anreicherung von Phosphor in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Sie förderte das Wachstum von giftigen Mikroalgen und Cyanobakterien. Die erste Ent-

deckung der beiden: Obwohl inzwischen wieder weniger Phosphor im See vorhanden ist, konnte sich das toxische Cyanobakterium *Planktothrix rubescens* behaupten. Denn: «Durch den Phosphormangel ist das Wachstum von Phytoplankton an der Seeoberfläche reduziert. Dadurch wiederum gelangt mehr Licht in die mittleren Tiefen des Sees, wo das Cyanobakterium normalerweise lebt», erklärt Ibelings. «Da diese Art Photosynthese betreiben kann, ist ihr Wachstum explosionsartig angestiegen.»

Die Forschenden stellten zudem fest, dass sich die Cyanobakterien in umso tieferen Schichten ansiedelten, je klarer das Wasser wurde. Dafür sind die von ihnen in grösseren Mengen produzierten Zucker verantwortlich, die sie wie Ballast nach unten ziehen. Gegenwärtig leben die Cyanobakterien 7,7 Meter tiefer als im Jahr 2000, also in der tiefsten und

kältesten Schicht des Sees. «Das könnte für das Trinkwasser problematisch werden, da die Entnahme normalerweise in dieser Tiefe erfolgt. Wenn sich die Cyanobakterien weiterhin jährlich um etwa 30 Zentimeter tiefer ansiedeln, erreichen sie ausserdem irgendwann turbulente Schichten, über die sie nach oben gelangen könnten», vermutet Ibelings. Die Cyanobakterien sollten daher weiterhin beobachtet werden – unter Berücksichtigung der langfristigen Auswirkungen der Phosphorreduktion und der Klimaerwärmung. *Clément Etter*

E. Suarez et al.: The emergence and dominance of *Planktothrix rubescens* as a hypolimnetic cyanobacterium in response to re-oligotrophication of a deep peri-alpine lake. *Limnology and Oceanography* (2023).



Auf dem Gotthard wird Windkraft genutzt.

Woher der Wind so weht

«Windkraft in den Alpen könnte die winterliche Stromlücke schliessen», sagt Atmosphärenphysiker Michael Lehning. Doch **erschweren komplexe Verhältnisse dort die optimale Platzierung** – so produzieren fünf benachbarte Anlagen am Gotthard unterschiedlich viel Strom. **Eine feinmaschigere Kartierung des Winds** wäre durch KI möglich, wie eine Pilotstudie der EPFL zeigt. Zum Trainieren der KI wurden Daten von bodennahen Windmessern mit Radarmessungen in grösseren Höhen kombiniert. *yv*

F. Kristianti et al.: Combining Weather Station Data and Short-Term LiDAR Deployment to Estimate Wind Energy Potential with Machine Learning: A Case Study from the Swiss Alps. *Boundary-Layer Meteorology* (2023)

Alzheimer früh erkennen

«Die möglichst frühe Diagnose einer Alzheimer-Erkrankung ist vorteilhaft», sagt Nuklearmedizinerin Valentina Garibotto von den Universitätsspitalern Genf. So können Betroffene rechtzeitig Vorkehrungen treffen – etwa bezüglich Pflege. Dazu wirken die neusten Medikamente wahrscheinlich im Frühstadium am besten.

Eine effektive Diagnosemethode ist ein PET-Scan, mit dem die Veränderungen im Gehirn, die sogenannten Amyloid-Plaques, aufgespürt werden können. Dies belegt eine Studie mit 840 Personen mit Verdacht auf Alzheimer an acht europäischen Kliniken – koordiniert von Genf aus. Dank frühem Scan hatten vierzig Prozent nach drei Monaten eine sehr sichere Diagnose, ohne Scan nur elf. Krankenkassen bezahlen teilweise dafür. «Scans sind zwar teuer, könnten aber Kosten für verzögerte oder falsche Behandlung einsparen», so Garibotto. *yv*

D. Altomare et al.: Clinical Effect of Early vs Late Amyloid Positron Emission Tomography in Memory Clinic Patients. *JAMA Neurology* (2023)

Reformulierung überzeugt als Argument

Erste Rednerin: «Man kann annehmen, dass ein Minister Optimismus und guten Willen zeigt.» Zweiter Redner: «Also Unerfahrenheit!» Laut Forschenden aus der Schweiz und Polen gehören solche Reformulierungen zu den beliebtesten und wirksamsten Instrumenten in argumentativen Unterhaltungen. Sie werden oft eingesetzt, um einen Standpunkt zu untermauern. Sie sind das zweithäufigste Mittel neben der sogenannten Inferenz, das heisst dem Vorbringen eines Arguments wie etwa: «Man sollte für diese Kandidatin stimmen, weil sie die kompetenteste ist.»

Auch in Sachen Überzeugungskraft geht die Silbermedaille an die Reformulierung. Zu diesem Schluss kommen Vorstudien von Steve Oswald von der Universität Freiburg und Marcin Koszowy von der Technischen Universität Warschau. Oswald führte dazu eine experimentelle Analyse durch, bei der den Teilnehmenden Satzpaare mit und ohne Reformulierungen vorgelegt wurden, Koszowy dagegen eine Analyse von umfangreichen Datensätzen, etwa Diskursen im Zusammenhang mit der US-Präsidentenwahl 2016. Die Forscher

machten weitere Beobachtungen. Laut Oswald scheint es, dass Personen, die mit einer Reformulierung konfrontiert werden, diese zwar als Paraphrase behandeln (diese ist inhaltlich gleich wie der Satz, auf den sie Bezug nimmt, Anm. d. Red.), sich aber dennoch überzeugen lassen: «Was dieses Werkzeug beim Argumentieren äusserst interessant macht.» Zudem habe sich gezeigt, dass der Einsatz von Reformulierungen dem Bild, das sich das Publikum von der Sprecherin macht, keineswegs abträglich sei, sondern ihr «die Aura einer Expertin verleihe». Die Forscher wollen nun kartieren, welche Arten und Funktionen der Reformulierung in der natürlichen Sprache vorkommen, und ihre rhetorischen und überzeugenden Effekte analysieren. Ziel ist ein Modell der pragmatischen und argumentativen Aspekte der Reformulierung, das potenziell auch auf andere sprachliche Verfahren wie Metaphern angewendet werden könnte. *Patricia Michaud*

R. Younis, D. de Oliveira Fernandes, P. Gygax, M. Koszowy, S. Oswald: Rephrasing is not arguing, but it is still persuasive: An experimental approach to perlocutionary effects of rephrase. *Journal of Pragmatics* (2023).

Ausgetüftelte Knoten

Das Problem: einen elastischen Draht so zu verbinden, dass er in unterschiedliche **stabile dreidimensionale Formen** gebracht werden kann. Daran kann man selbst basteln, besser aber geht es mit einem Computerprogramm der EPFL.

Dieses hat schon viele neue Lösungen gefunden. Neben Mathe-Spielerei sind die **Gebilde auch nützlich:**

zur Entwicklung von neuartigen Materialien oder faltbaren Strukturen etwa. *yv*

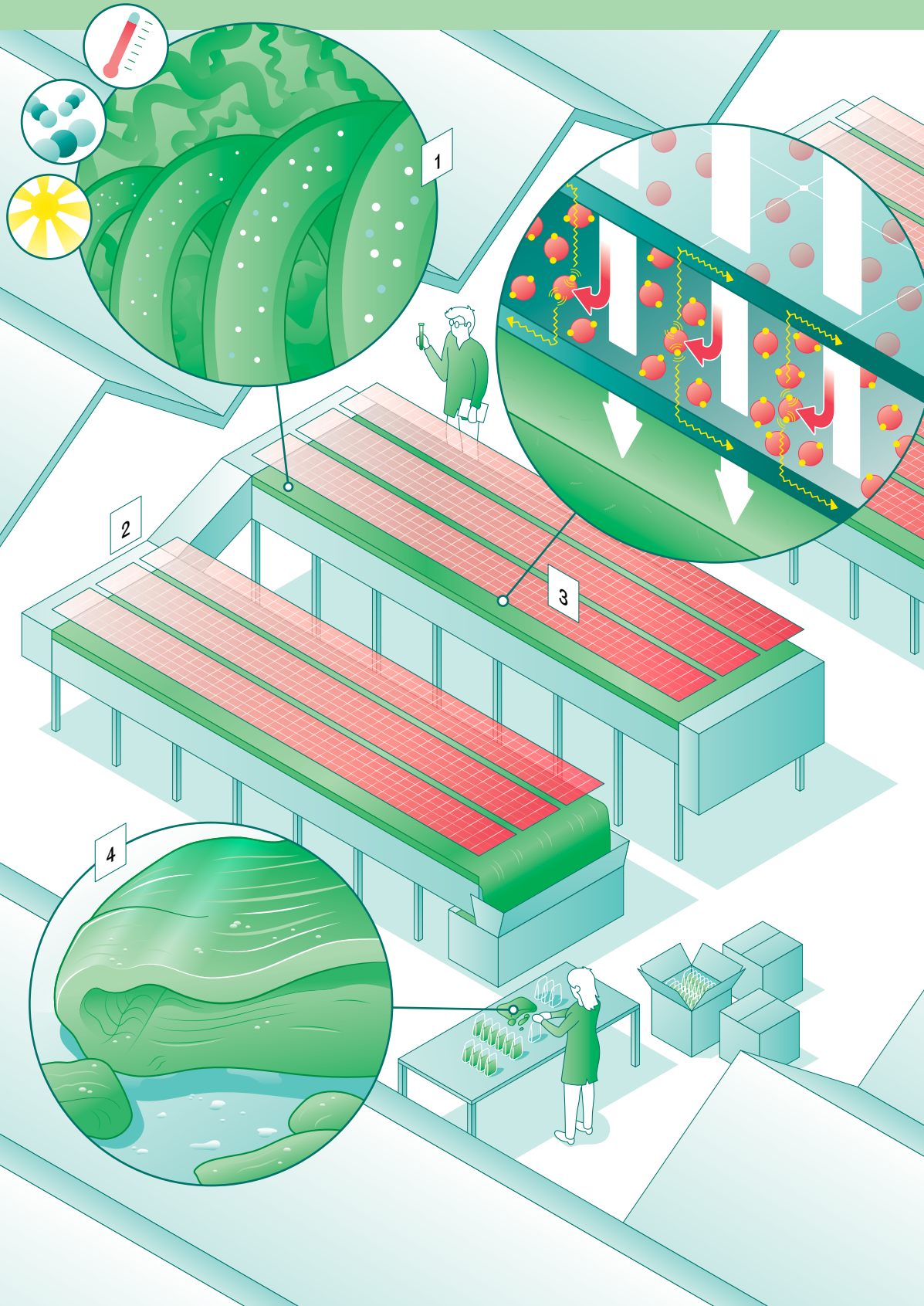


M. Vidulis et al.: Computational Exploration of Multistable Elastic Knots. *ACM Transactions on Graphics* (2023)

Algen aus dem Supertank

Ein flacher, von Solarzellen bedeckter Algenteich erhöht die Produktion von Biomasse ums Zehnfache. Damit will ein Spin-off der EPFL die Algenproduktion effizienter machen.

Text Florian Fisch Illustration Ikonaut



1 – Ertragssteigerung als Ziel

Algen sind im Trend: in der Lebensmittelindustrie, weil sie proteinreich sind und als Fleischersatz verwendet werden können, in der Verpackungsindustrie als biologisch abbaubare Alternative zu Plastik. Allerdings ist ihre Produktion zeit- und kostenintensiv, denn Lichteinfall, CO_2 -Konzentration und Temperatur müssen genau kontrolliert und optimiert werden. Meistens werden Spirulina verwendet, weil sie am einfachsten zu kultivieren sind. Der Ertrag bleibt trotzdem tief.

2 – Mehr Licht im flachen Teich

Das EPFL-Spin-off Algaltek will diese Probleme lösen. Wichtig dafür ist der in einer Versuchsanlage aufgebaute, nur 1,5 Zentimeter hohe Tank. Dank der geringen Wassertiefe kann das Sonnenlicht alle Algenschichten vollständig durchdringen und optimal zur Photosynthese anregen.

3 – Solarzelle ist auch Schutz

Ein weiteres wichtiges Element sind die farbsensitiven Solarzellen, die in wenigen Zentimetern Höhe den Tank bedecken. Sie können mit unterschiedlichen Farbstoffmolekülen bestückt werden, die passend zur Algensorte die UV-Strahlung optimal filtern und sie so vor Schäden schützen. Das Spin-off verwendet im Tank neben Spirulina auch Chlorella und Haematococcus pluvialis. Letztere profitieren von roten Pigmenten. Das so absorbierte Licht regt die Elektronen (gelbe Punkte) an. Diese fließen durch das leitende Material Titandioxid, mit dem das Glas der Solarzelle beschichtet ist. So wird nebenbei Strom erzeugt, der zurück in die Algenproduktion geht.

4 – Vitaminreiche Paste

Die Biomasse der Algen erhöht sich dank dem hybriden Reaktor aus flachem Tank und besonderen Solarzellen im Vergleich zu anderen Systemen um das Zehnfache. Weil das Spin-off sie zudem als nasse Paste verkauft, bleiben wichtige Vitamine wie etwa C oder D3 sowie Proteine besser erhalten. Die ansonsten übliche Trocknung trägt zu deren Zerstörung bei.

Ob die Zehnernote in der Hand oder die App auf dem Smartphone, Zahlungsmittel bestimmen sehr viele Interaktionen im Alltag. Bilanz über ihren Zustand und ihre Macht.

Zahlen bitte!

Angebot und Nachfrage bestimmen den Preis, wenn Waren oder Dienstleistungen gekauft und verkauft werden. Das gilt für die Börse wie für den Viehmarkt. Fotograf Tom Huber wirft Blitzlichter auf unterschiedlichste Orte des Handels.

Rechts: Auf dem Heimweg im Tram rasch die nächsten Traumferien organisieren: Der Online-Handel erlebte während der Corona-Jahre einen Boom. So wurden 2022 rund 14 Milliarden Schweizer Franken via Internet ausgegeben.

Fotos: Tom Huber

17:41



Kairo & Gizeh &

Ferien > Ägypten > Kairo & Gizeh



Empfehlungen für Kairo & Gizeh

Beliebte Hotels mit Bestpreis-Garantie

Das Rennen um die beste digitale Währung ist lanciert

Im Finanzwesen ist ein historischer Umbruch im Gang. Digitales Geld, basierend auf der Blockchain-Technologie, setzt sich zunehmend durch. Welche Form wird gewinnen?

Text Samuel Schlaefli Illustrationen Niels Blaesi

Gerüchte über Facebooks Pläne einer Weltwährung kursierten schon länger. Der Paukenschlag erfolgte dann im Juni 2019, als das Projekt zunächst unter dem Namen Libra (später Diem) offiziell präsentiert wurde. Mit rund drei Milliarden Nutzenden weltweit wollte das damalige Facebook (heute Meta) eine neue, private Weltwährung etablieren, ohne jegliche Anbindung an nationale Zentralbanken. Diese schaffen Geld, indem sie Noten drucken oder Münzen pressen. Ihr Werkzeug zur Steuerung von Volkswirtschaften und zur Sicherung der Preisstabilität wäre stumpf geworden.

«Ohne den Libra-Schock wären wir bei der Digitalisierung von Geld noch lange nicht so weit, wie wir heute sind», sagt Hans Gersbach, Professor für Makroökonomie an der ETH Zürich und Mitinitiator des Finsure Tech Hub, an dem Wirtschaftswissenschaftler, Computerwissenschaftlerinnen, Mathematiker und Risikoanalytikerinnen interdisziplinär zu technologischen Umwälzungen im Finanzsystem forschen und lehren.

Facebooks Vorstoss habe schlafende Hunde geweckt, sagt Gersbach. «Das Rennen um die beste digitale Währung hat eine geopolitische Komponente. Es geht auch darum, welche die Weltwirtschaft in Zukunft dominieren wird.» Seither tüfteln Zentralbanken an eigenen digitalen Währungen, den Central Bank Digital Currencies, kurz CBDC. Kleinere und mittelgrosse Staaten wie etwa Nigeria, Bahamas und Jamaika haben bereits eine CBDC eingeführt. Die People's Bank of China testet seit April 2021 die digitale Variante ihres Renminbi, in Kanada und Indien laufen Pilotversuche, die Europäische Zentralbank arbeitet seit 2020 an einem digitalen Euro, und die Schweizerische Nationalbank brütet gemeinsam mit der Bank für Internationalen Zahlungsausgleich und der SIX Group über der Implementierung eines digitalen Frankens.

«Was wir derzeit erleben, ist historisch», sagt Gersbach. «Aufgrund des technologischen Fortschritts wird sich unser Geldsystem grundlegend verändern.» Der Schweizer Fran-

ken als internationale Währung könnte in Bedrängnis kommen, wenn er den Sprung ins digitale Zeitalter nicht schafft. «Bargeld soll selbstverständlich bleiben», stellt der Ökonom klar. Aber es zeige sich, dass dieses immer weniger gefragt sei. Zwar ist Bargeld in der Schweiz nach wie vor das häufigste Zahlungsmittel, aber die entsprechende Quote ist in allen fortgeschrittenen Volkswirtschaften gesunken. In Schweden sank sie zuletzt fast auf null. Beschleunigt wurde der Aufschwung von Kreditkarten, digitalen Überweisungen und Bezahl-Apps durch die Corona-Pandemie und die weitverbreitete Angst, dass Viren via Bar-

geld übertragen werden können. Auch werden Bargeldzahlungen zunehmend reguliert. So können in Frankreich etwa seit 2016 nur noch maximal 1000 Euro in bar bezahlt werden.

Laut Gersbach hat die digitale Form des Zentralbankgeldes für die breite Öffentlichkeit gewichtige Vorteile: Geld würde günstiger, weil es für die Herausgabe eines digitalen Frankens, anders als bei Münzen und Noten, weder eine Produktion noch eine aufwendige Logistik für die Verteilung braucht. Noch wichtiger sei jedoch: «Die Bürger hätten direkten Zugang zu digitalem Geld der Nationalbank – und damit zu einer sehr sicheren Währung.»



WIR: reines Buchgeld ohne Zinsen

Gründung: 1934 **Nutzende:** 25 000 KMU **Bilanzsumme:** 5,7 Mrd. Franken

Die Schweiz hat mit dem WIR eine offiziell anerkannte Alternativwährung. Diese wird von der Bank WIR herausgegeben und ist an den Schweizer Franken gebunden: ein WIR gleich ein Franken. Vom Buchgeld gibt es weder Banknoten noch Münzen. Die Alternativwährung wurde von Schweizer Gewerbetreibenden als Reaktion auf die Weltwirtschaftskrise in den 1930er-Jahren lanciert. **Die liquiden Mittel waren damals knapp, und Unternehmen horteten ihr Geld**, anstatt es zu investieren. In Europa entstanden in der Folge Hunderte von neuen Zahlungsmitteln. Die im privaten und geschlossenen System zirkulierenden Guthaben in WIR werden nicht verzinst. Zu Beginn gab es darauf sogar eine Rückhaltegebühr, um einen Anreiz zu schaffen, das Geld schnellstmöglich wieder auszugeben. Diese wurde 1948 aufgehoben.

Im Jahr 2000 erfolgte die Öffnung der Bank für das breite Publikum. Seither sind die Anlage- und Vorsorgeprodukte sowie der inländische Zahlungsverkehr auch für Privatpersonen zugänglich. Die Alternativwährung verlor in den vergangenen Jahren dennoch an Bedeutung. **2017 erschienen Berichte, dass viele Unternehmen aus dem Netzwerk ausstiegen**, weil sie Mühe hatten, die Währung loszuwerden. Heute zählen zum WIR-Netzwerk auch einige Tausend Private – hauptsächlich mit Arbeitnehmerkonten.



Eine Bank für Muscheln

Gründung: 2002 **Nutzende:** rund 300 000 **Umlauf:** über 2 Mio. Franken (2016)

Muschelgeld ist eine Sammelbezeichnung für prämonetäre Formen von Geld, die vor allem von indigenen Völkern im Südpazifik verwendet wurden. Einer grösseren Öffentlichkeit wurde Muschelgeld **durch die Erzählungen des polnischen Sozialanthropologen Bronisław Malinowski bekannt**, der auf Papua-Neuguinea Feldforschung betrieb. Er hat das sogenannte Kula-System 1922 mit seinem Buch «Argonauten des westlichen Pazifik» in den Sozialwissenschaften bekannt gemacht. Kula steht für ein rituelles Tausch- und Prestigeobjekt ohne unmittelbaren Nutzen für Empfangende. Junge Männer konnten mit gefährlichen Bootsfahrten auf entfernte Inseln Muscheln und somit Prestige erwerben.

Indigene Gemeinschaften in Papua-Neuguinea nutzen neben dem Kina, der gesetzlichen Währung, noch heute Muschelgeld. **Einige Provinzregierungen fördern dessen Gebrauch.** So hat etwa East New Britain die Zahlung von Steuern mit Muscheln genehmigt. 2002 wurde in der Nähe der Stadt Rabaul die weltweit erste Muschelbank eröffnet. Selbst der Name Kina leitet sich von den Kina-Muscheln ab.

Zentralbankengeld, heute in Form von Münzen und Noten, ist das einzige hundertprozentig ausfallsichere Zahlungsmittel. Anders als das digitale Geld der Geschäftsbanken – also das Geld hinter der Zahl, die auf unseren E-Bank-Konten erscheint: Dieses ist lediglich eine Forderung für einen bestimmten Betrag in Banknoten. Gerät eine Bank ins Straucheln, kann diese verpuffen. Zu welcher Panik das führen kann, hat sich zuletzt im März beim Crash der Credit Suisse gezeigt.

Weniger Strom und weniger Risiko

Gersbach hat gemeinsam mit Roger Wattenhofer, Professor für Verteilte Systeme und Netzwerke an der ETH Zürich, einen Vorschlag erarbeitet, wie ein digitaler Schweizer Franken, sie nennen ihn den E-Franc, konzipiert sein könnte. Dieser soll frei in Bar- und Kontogeld umtauschbar sein und sichere Zahlungen mit dem heutigen Anonymitätsstandard ermöglichen. Der E-Franc würde einzig von der Nationalbank herausgegeben, die Geschäftsbanken fungierten aber weiterhin als Vermittler zwischen Nationalbank und Privaten.

Das System würde auf einer Blockchain mit zwei getrennten Ebenen laufen. Die eine wäre für die Sicherheit und Validierung der Transaktionen zuständig, die andere für die Verbindungen zwischen Zahlenden und Empfangenden. Dadurch soll das System schnell, skalierbar und sicher sein. Anders als zum Beispiel beim Bitcoin wäre beim E-Franc kein Proof of Work nötig, also keine Qualifizierung der Transaktion über Tausende von Knotenpunkten im Internet, die Unmengen an Strom frisst. Die Verifizierung beim E-Franc würde über wenige, vorbestimmte Akteure geschehen. «Der Energieaufwand wäre damit etwa gleich hoch wie bei heutigen Banktransaktionen über Internet», sagt Gersbach.

Seine und Wattenhofers Studie zeigt, dass der E-Franc technisch und regulatorisch möglich ist – und für die Öffentlichkeit wünschenswert. Denn laut Gersbach kann er eine disziplinierende Wirkung auf Geschäftsbanken haben.

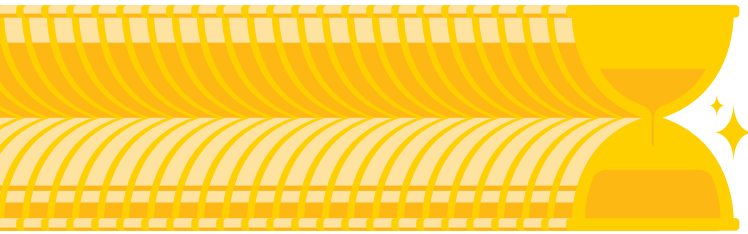
Für jeden digitalen Franken, den Kunden bei ihren Banken nachfragen, müssten die Geschäftsbanken nämlich genügend Reserven haben, um solche bei der Nationalbank zu kaufen. Sie könnten E-Francs nicht selbst schaffen, so wie heute das Buchgeld. «Tendenziell müssten sich Geschäftsbanken krisenfester aufstellen.» Die Folgen wären weniger riskante Kreditgeschäfte sowie weniger Volatilität und Finanzblasen im Wirtschaftssystem.

Ende 2022 sah es für einen kurzen Moment so aus, als wäre das mit den Kryptowährungen doch nur ein grosser Hype gewesen: Facebooks Projekt war gescheitert, und Bitcoins hatten im November 2022 im Vergleich zum Jahresbeginn rund 60 Prozent an Wert verloren. Trotzdem sei dies noch lange nicht das Ende der Kryptowährungen, sagt Aleksander Berentsen, Professor für Wirtschaftswissenschaften an der Universität Basel, der vorwiegend zu Blockchain und Kryptoassets forscht. «Natürlich gibt es beim Handel von Kryptowährungen viele Glücksritter, und teilweise herrscht Wilder Westen. Aber das ändert nichts daran, dass sich die Blockchain-Technologie im Finanzbereich durchsetzen wird.»

In der Forschung liege der Fokus heute vermehrt auf den Stablecoins. Das sind Kryptowährungen, deren Preise stabil sein sollen, da, anders als bei Bitcoin, ein Vermögenswert hinterlegt wird – so zumindest das Versprechen.

Zur Schaffung und zum Handel von unterschiedlichen Stablecoins hat sich die Plattform Ethereum etabliert, die auf einer Blockchain basiert. «Ethereum ist deutlich effizienter als die bisherige Finanzinfrastruktur», sagt Berentsen. Er veranschaulicht dies anhand von Uniswap, einer dezentralen Kryptobörse auf der Ethereum-Blockchain: Diese wurde im November 2018 von Hayden Adams, einem früheren Siemens-Ingenieur, als Open-Source-Projekt entwickelt. Heute ist sie zentralisierten Börsen wie Coinbase und Nasdaq, gemessen am Umsatz pro Mitarbeitende, weit überlegen: Uniswap hat 2021 mit 37 Mitarbeitenden 1,2 Milliarden Dollar Gebühren eingenommen, bei Nasdaq waren es 3,4 Milliarden mit über 4700 Mitarbeitenden.

Den alles entscheidenden Unterschied machen die sogenannten Smart Contracts, die dem System von Uniswap zugrunde liegen. Sie erlauben, dass unzählige Funktionen für ein digitales Geldmittel programmiert werden können, zum Beispiel automatisierte Kontrollen gegen Geldwäscherei. Oder die Know-your-customer-Regulierung der nationalen Bankenaufsicht kann über sogenannte Whitelists automatisiert werden. Berentsen rechnet damit, dass rund um die Ethereum-Blockchain ein ganzes Ökosystem von neuen Dienstleistungen im Finanzwesen entstehen wird. Darunter auch neue digitale Währungen in



Wenn Zeit buchstäblich Geld ist

Gründung: 1995 **Nutzende:** über drei Mio. (2012 in Japan)

In Japan ist mehr als ein Viertel der Bevölkerung über 64 Jahre alt. Auch deshalb spielt Fureai Kippu, eine Art von Zeitgeld, eine wichtige Rolle im Sozialsystem des Inselstaates. **Die Währungseinheit ist eine Stunde Arbeit** für einen älteren, hilfsbedürftigen Menschen. Die geleisteten Stunden können auf einer Zeitbank angespart werden, um damit später im Alter selbst Pflege in Anspruch nehmen oder die Stunden an andere weitergeben zu können. Ältere Menschen können dadurch länger zu Hause bleiben, und das staatliche Gesundheitssystem wird entlastet. Zugleich reduziert Fureai Kippu die Vereinsamung und **wirkt sich positiv auf Gesundheit und Lebensdauer aus.** Zum Zeitpunkt der letzten offiziellen Erhebung von 2012 beteiligten sich über drei Millionen Menschen am System.

Die Idee hat sich seither weltweit verbreitet und wurde auch in der Schweiz nachgeahmt. **«Zeitgut Luzern» zum Beispiel fördert seit 2013 Nachbarschaftshilfe** über Zeitguthaben. Zwischen 2013 und 2023 wurden nach eigenen Angaben fast 40 000 Stunden Hilfsarbeit geleistet. Die Organisation hatte zuletzt über 700 Mitglieder. Während «Zeitgut Luzern» unabhängig vom monetären System funktioniert, erlauben manche Fureai Kippu in Japan auch eine Umwandlung von geleisteten Arbeitsstunden in Geldwerte – vertrauensbasiert. Gesetzliche Garantien gibt es keine.

Form von privaten Stablecoins. Er geht davon aus, dass in Zukunft alle ein privates Kryptokonto haben werden und dass ein Grossteil des Finanzsystems auf eine Blockchain-Infrastruktur migrieren wird. Bargeld werde mittelfristig verschwinden und durch konkurrierende Kryptowährungen ersetzt werden, die eine begrenzte Anonymität ermöglichen.

Als Facebook 2019 seine Pläne bekannt gab, war die Angst gross, dass der Tech-Konzern mit einer eigenen Kryptowährung noch viel mehr Daten über seine Nutzenden sammeln könnte, als er es heute bereits über Facebook, Instagram und Whatsapp tut. Deshalb plädieren auch Rechtsexpertinnen dafür, dass Staaten die Herausgabe von digitalisierten Währungen nicht einfach der Privatwirtschaft überlassen. Zwar ist das Libra-Experiment gescheitert, doch es ist ein offenes Geheimnis, dass sich andere Tech-Konzerne, darunter Google, für Kryptowährungen interessieren. Vor diesem Hintergrund hat die Stiftung für Technologiefolgen-Abschätzung TA-Swiss unlängst eine Ausschreibung für die Risikoabschätzung von neuen virtuellen Geldformen lanciert. Darin heisst es, dass private Unternehmen «signifikant an finanziellem und politischem Einfluss» gewinnen könnten und

global verteilte Währungssysteme privater Unternehmen «bestehende Ansätze in der Regulierung des Zahlungsverkehrs auf nationaler Ebene infrage stellen».

Harald Bärtschi, Titularprofessor an der Universität Zürich, sagt: «Bei der Einführung eines digitalen Frankens braucht es auch eine politische Diskussion darüber, wie viel Datenschutz notwendig und wie viel Transparenz gerechtfertigt ist.» Der Jurist hat sich auf rechtliche Fragen rund um Finanztechnologie und Blockchain spezialisiert. Es liege in der Natur einer öffentlichen Blockchain, dass das Löschen der Daten praktisch unmöglich ist und alle Transaktionen dauerhaft gespeichert sowie auf der Datenkette einsehbar sind. Schliesslich sind Nachverfolgbarkeit und Transparenz das grosse Versprechen, mit dem die Blockchain angetreten ist, auch wenn Bitcoin mittlerweile zu den beliebtesten Zahlungsmitteln des organisierten Verbrechens und bei Hackerangriffen gehört.

Cash dagegen zeichnet gerade aus, dass dieses Geld praktisch keine Datenspuren hinterlässt. Wo bliebe bei einem kryptobasierten E-Franken das Recht auf Vergessen, zum Beispiel bei persönlichen Geschäften, die Jahre zurückliegen? Oder was ist mit dem Recht auf

Privatsphäre und Datenschutz, wenn alle privaten Geldtransaktionen für die Betreiber oder Behörden auf der Blockchain sichtbar wären?

Schweizer Politik ist zögerlich

Ob die Schweiz zu den Vorreitern der digitalen Währungen gehören wird, ist ungewiss – trotz dem Zuger Crypto Valley und den hohen Investitionen in Forschung und Entwicklung. 2019 kam der Bundesrat zum Schluss, dass allgemein zugängliches digitales Zentralbankgeld für die Schweiz keinen Zusatznutzen brächte. Auf Anfrage bei der Schweizerischen Nationalbank heisst es, dass aktuell verschiedene Projekte zu einer CBDC laufen, diese jedoch «rein explorativen Charakter» haben und «nicht als Hinweis für oder gegen eine Einführung einer CBDC zu verstehen» seien. «In der Politik geht es nur schleppend voran, und seit der CS-Krise ist man noch vorsichtiger geworden», sagt Hans Gersbach vom Finsure Tech Hub. «Das ist bedauerlich, denn mit dem E-Franken könnten wir irgendwann auch das Too-big-to-fail-Problem lösen.»

Die schrittweise Einführung des E-Franken würde gemäss Gersbach das Finanzsystem ohne aufwendige Regelwerke stabilisieren. Gekoppelt mit der Möglichkeit von Smart Contracts würde das den Wettbewerb auf dem Finanzmarkt verstärken, ist er überzeugt. Nach Jahrzehnten der Konzentration könnte der Finanzsektor dadurch wieder stärker dezentralisiert werden. Es ist deshalb wenig erstaunlich, dass sich grosse Geschäftsbanken und deren Vertreter und Vertreterinnen im Parlament vor solchen Umwälzungen fürchten. Ihre Privilegien sind bedroht, allen voran das Privileg, selbst Geld zu schöpfen und damit hochriskante und profitable Geschäfte zu tätigen – oft losgelöst von der Realwirtschaft.

Trotzdem glaubt Gersbach, dass es mit der Einführung des E-Franken plötzlich auch sehr schnell gehen könnte. «Die Fortschritte beim E-Euro werden auch die Schweizer Politik unter Druck setzen.» Wenn die EU-Mitgliedstaaten und der Rat der Zentralbank mitziehen, könnte der E-Euro bereits 2026 verfügbar sein. Wahrscheinlich werde sich in einigen Jahren eine Minimalvariante eines digitalen Frankens durchsetzen, mit Umwandlungsbeschränkungen und langen Einführungsphasen, so Gersbach. Das wäre dann zwar weit weniger disruptiv, als es sich die Tech-Konzerne im Silicon Valley wünschen. Dafür aber demokratisch legitimiert, rechtlich gut abgestützt und volkswirtschaftlich gut verträglich.

Samuel Schläefli ist freier Journalist in Basel.

Über 400 000 Rinder werden in der Schweiz pro Jahr zum Schlachthof geführt. Ein Teil davon wird wie hier in Zuzwil (SG) an Viehmärkten versteigert. Dort sollen Bäuerinnen und Bauern einen möglichst hohen Preis erzielen können.

Foto: Tom Huber



Wer gibt, hat die Macht

Obwohl viele in der Schweiz eine nüchterne Einstellung zu Geld haben, bedeuten hohes Einkommen und Vermögen weiter auch mehr Einfluss, in der Politik wie in der Liebe.

Text Ümit Yoker

Die Antwort auf die Frage, was Geld bedeutet, fällt in der Schweiz recht nüchtern aus: Für die Mehrheit ist es ein Mittel zum Zweck, etwas, das frei macht und autonom, das ermöglicht, zu tun, was einem wichtig ist. Dabei gilt auch Sparen: Viele haben von ihren Eltern die Haltung verinnerlicht, dass man nicht mehr ausgibt, als man hat.

Das ist aber nicht das Einzige, was die Soziologin Caroline Henchoz gemeinsam mit zwei Kollegen in ihrem Forschungsprojekt zur finanziellen Sozialisation von jungen Menschen festgestellt hat. Trotz der grosser Homogenität bei der Einstellung zu Geld zeichnen sich auch kulturelle Unterschiede ab: So weisen Romands dem Geld häufiger auch eine soziale Bedeutung zu als Personen aus der Deutschschweiz oder dem Tessin – und Romands sehen es zum Teil auch als Symbol von Prestige und Macht. Wem Geld dazu diene, Macht zu demonstrieren oder zu erlangen, der gehe auch anders mit finanziellen Mitteln um, so die Professorin an der Hochschule für soziale Arbeit und Gesundheit in Lausanne. Diese Leute hätten eher langfristige Schulden wie etwa Leasingverträge oder Hypotheken und auch mehr überfällige Rechnungen. Dies zeige eine Online-Befragung von knapp 1400 Personen. «Wo materielle Güter ein wichtiges Symbol des individuellen Erfolgs sind», sagt Henchoz, «ist wohl auch die Versuchung grösser, mehr zu erwerben, als man sich eigentlich leisten kann.»

Die Privilegien bleiben beim Mann

Selbst in der Liebe hat Geld mehr mit Macht zu tun, als wir uns vielleicht eingestehen wollen. So hat Henchoz für ein weiteres Forschungsprojekt rund 60 Paare zu Bedeutung und Verwendung von Geld interviewt. Sie wollte verstehen, warum das finanzielle Ungleichgewicht, das bei Geschlechtern in der Gesellschaft besteht, oft auch in der Beziehung reproduziert und aufrechterhalten wird – obwohl die meisten Paare doch Gleichberechtigung klar hochhalten. Frauen haben in der Partnerschaft meist weniger finanzielle Entscheidungsautonomie als Männer, wenn es um grosse Haushaltsausgaben geht, sie verfügen über geringere Mittel für persönliche Ausgaben und können sich schlechter für die Unwägbarkeiten der Zukunft wappnen. «Die befragten Frauen sind sich sehr wohl bewusst, dass sie nicht den gleichen wirtschaftlichen Status und dieselbe finanzielle Unabhängigkeit haben wie Männer», sagt die Soziologin. Trotzdem empfänden sie ihre Beziehung als ausgewogen und fühlten sich weder bevormundet noch dominiert. Für ein besseres Verständnis dieses Widerspruchs muss laut Henchoz erst einmal der Kitt angeschaut

werden, der gemäss heutigem Verständnis von Liebe ein Paar zusammenhält. Liebe zeige sich darin, das eigene Handeln und Denken auf das Wohl des anderen auszurichten – das Geben ist dabei die Währung. «Was genau aber sich als Beitrag eignet, um Verbundenheit mit dem anderen zu demonstrieren und zu stärken, hängt stark vom Geschlecht ab.»

Das zeigt sich besonders beim Geld: Während das Einkommen des Mannes als Beitrag an das Wohlergehen der Familie gesehen wird – und die Erwerbstätigkeit bei ihm mit den gesellschaftlichen Rollenerwartungen übereinstimmt –, gilt dies für die Frau nicht unbedingt. «In traditionelleren Familien wird die weibliche Berufstätigkeit eher als Kostenfaktor empfunden, als persönliches Bedürfnis zur Selbstverwirklichung, das die Frau daran hindert, ganz ihren häuslichen Pflichten nachzukommen», stellt Henchoz fest. Was sie an Geld nach Hause bringe, habe deshalb unabhängig von der Menge weniger Gewicht auf der Waagschale des ehelichen Austauschs als das Geld, das der Mann verdient. Auch die Haus- und Familienarbeit wiege den Beitrag des Mannes nicht auf. Neben der Erwerbstätigkeit könne sie sogar als etwas gesehen werden, das die Frau der Familie schuldet: als Dank für das Verständnis, das man ihrem Wunsch nach Erwerbstätigkeit entgegenbringt.

Wenn aber weder das von Frauen verdiente Geld noch Hausarbeit denselben Stellenwert haben wie das Einkommen des Mannes –, warum sind die befragten Paare in Henchoz' Untersuchung trotzdem überzeugt, dass beide Beteiligten gleichermassen zur Beziehung beitragen? «Die Grosszügigkeit der Frau», stellte die Forscherin in ihren Gesprächen fest, «manifestiert sich ganz wesentlich im bewussten Einverständnis, das die Frau zu den männlichen Privilegien gibt.» Dass sie ihm also etwa zugestehe, dass er sich eher grössere Ausgaben gönne, als sie das selbst tun würde. Damit legitimiere und festige die Frau einerseits das finanzielle Machtungleichgewicht in der Beziehung –, andererseits seien die Vorrechte des Mannes so nicht eine Folge von dessen Dominanz, sondern im Gegenteil das Ergebnis weiblicher Generosität. Sie würden als freiwillig gewählt, gemeinsam vereinbart und problemlos umkehrbar wahrgenommen – und widersprächen somit auch nicht dem Ideal der Egalität. «Ein echtes Gleichgewicht hängt aber nicht einfach vom guten Willen der Paare ab», betont Henchoz. «Sondern auch stark von den politischen Massnahmen, die zur Förderung der Lohngleichheit sowie der Vereinbarkeit von Privat- und Berufsleben für Frauen, aber auch Männer ergriffen werden.»

Geben ist auch auf gesamtgesellschaftlicher Ebene eine wichtige Tugend – zum Beispiel beim Spenden – und geht gerne mit Einfluss zusammen. So ermöglichen Spenden zwar vieles, was sonst kaum finanzierbar wäre, sagt der Soziologe Ueli Mäder. Gleichzeitig bedeuteten sie aber auch, dass nur das gefördert wird, was die Spendenden für wichtig halten. Steuererleichterungen seien zudem ein wesentliches Nebenmotiv. Die Schweiz hat nach den USA das zweithöchste Spendenvolumen pro Kopf, wie Mäder in seinem Buch «Wie Reiche denken und lenken» schreibt. An strukturellen Ungleichheiten würde eine höhere Besteuerung der Reichsten deutlich mehr ändern als Wohltätigkeit, gibt der emeritierte Professor an der Universität Basel zu bedenken. «Das private Mäzenatentum kann den Sozialstaat ergänzen, aber nicht ersetzen.»

Ganz besonders sollten auch die Aufstiegschancen in einem Land nicht vom Geld abhängen. Demokratische Gesellschaften sind sich einig, dass alle unabhängig von der sozialen Herkunft und den finanziellen Verhältnissen der Eltern dieselben Chancen haben sollten. Dem Zugang zu Bildung kommt hier eine zentrale Rolle zu, sagt die Wirtschaftswissenschaftlerin Isabel Martínez.

Die Bildungsmobilität sei hierzulande aber unterdurchschnittlich: Kinder mit mindestens einem Elternteil mit Universitätsabschluss haben eine fünfmal höhere Wahrscheinlichkeit als Arbeiterkinder, auf ein Gymnasium zu gehen. «Trotzdem steht die Schweiz bei den Arbeitseinkommen gut da», fügt die Forscherin an. Kinder aus dem untersten Viertel der Einkommensverteilung erreichten

«Wo materielle Güter ein wichtiges Symbol von Erfolg sind, ist wohl auch die Versuchung grösser, mehr zu erwerben, als man sich leisten kann.»

Caroline Henchoz

im Schnitt die Mitte der Lohnverteilung. «Das duale Berufsbildungssystem hat es bisher geschafft, auch Menschen mit einem Lehrabschluss eine solide finanzielle Basis und berufliche Aufstiegsmöglichkeiten zu sichern.» Geld allein sei aber nicht der entscheidende Faktor, der über Bildung entscheidet, findet die promovierte Ökonomin, die am KOF-Institut der ETH Zürich forscht. «Ebenso wichtig ist, welchen Wert die Familie der Bildung beimisst.» Da Ausbildung und Einkommen der Eltern stark korrelierten, lässt sich aber schwer entflechten, was wie grossen Einfluss hat. «Mehr Chancengleichheit ergibt nicht zuletzt auch aus liberaler Sicht Sinn», ist Martínez überzeugt. Es sei wirtschaftlich wenig effizient, wenn in erster Linie einfach jene Menschen zu Chirurgen und Chirurgen ausgebildet würden, deren Eltern schon Medizin studiert hätten –, und nicht, wer am besten mit einem

Skalpell umgehen könne, egal, ob der Vater nun Taxifahrer sei oder die Mutter Chefärztin.

Die grösste Ungleichheit weist die Schweiz aber bei den Vermögen auf, wie Martínez sagt. Kaum irgendwo auf der Welt ist deren Konzentration so hoch wie hier, wo beispielsweise das reichste Prozent rund 40 Prozent des Gesamtvermögens besitzt. Mit einem Forschungsteam hat die Ökonomin kürzlich untersucht, wie stark Änderungen bei der Besteuerung die zunehmende Vermögenskonzentration der vergangenen Jahrzehnte in der Schweiz verantworten – und stellte fest, dass diese nur gerade 20 bis 25 Prozent des Anstiegs erklären. Eine wichtige Rolle spielten darüber hinaus auch die lange Abwesenheit von Kriegen und die beständige Wirtschaftspolitik des Landes – wie auch, dass die Schweiz ein attraktives Land für multinationale Unternehmen und Wohlhabende aus aller Welt sei, was natürlich ebenfalls mit der hiesigen Steuerpolitik und dem kantonalen Steuerwettbewerb zusammenhänge.

Geerbtes Geld bringt auch geerbte Macht

Zur zunehmenden Vermögenskonzentration dürfte aber auch die Erosion der Erbschaftssteuer beigetragen haben: Seit Ende der Neunzigerjahre haben fast alle Kantone diese für direkte Nachkommen abgeschafft, auf Bundesebene gibt es sie gar nicht erst. Vermächtnisse machen heute aber einen erheblichen Teil des Vermögens der Superreichen aus, wie Martínez betont. Gut 60 Prozent der 300 reichsten Personen sind gemäss dem Wirtschaftsmagazin Bilanz Erbinnen und Erben. In den Vereinigten Staaten dagegen haben nur gerade 30 Prozent der Forbes 400 ihr Vermögen geerbt. Dort ist die Mehrheit mit der Gründung eigener Unternehmen reich geworden.

«Eine solche Tendenz ist irgendwann nicht nur aus demokratischer Sicht bedenklich», sagt Martínez. «Schliesslich korrelieren Vermögen, Einkommen und Einflussnahme stark miteinander.» Diese Entwicklung werfe auch die Frage auf, wie innovativ eine Wirtschaft sei, in der man es nicht vorrangig mit erfolgreichen Ideen an die Spitze der Vermögensverteilung schaffe, sondern mit reichen Eltern. «Auch Erfolg in der Politik ist heute viel eher eine Frage finanzieller Mittel und eines guten Netzwerks», ergänzt Soziologe Mäder. Kampagnen zu führen und sich bei Wahlen durchzusetzen koste deutlich mehr Geld als früher, und gute Kontakte hätten viel mit der sozialen Herkunft zu tun. «Ein grosses Engagement auf kommunaler und kantonaler Ebene reicht heute als Transmissionsriemen für hohe Posten in der Politik nicht mehr aus.»

«Damit eine höhere Erbschaftssteuer etwas an den jetzigen Verhältnissen ändern würde», sagt Martínez, «müsste sie wehtun.» Politisch dürfte eine solche Steuer in der Grössenordnung von 50 Prozent auf sehr hohe Vermögen aber kaum umsetzbar sein. Und die besseren Startbedingungen von Kindern reicher Eltern würde auch sie nicht beseitigen. Möglicherweise wäre sie aber zumindest ein Signal, sich nicht mehr so stark darauf zu verlassen, dass es das Vermögen der Eltern später schon richte.

Ümit Yoker ist freie Journalistin in Lissabon.

«Wir wollen das Gefühl vermeiden, etwas verlieren zu können»

Warum wir in Erlebnisse investieren sollten statt in Güter. Und wieso Geld den Charakter genauso wenig verdirbt, wie Armut bessere Menschen macht. Wirtschaftspsychologin Anne Herrmann im Interview.

Interview Bernhard Ott Foto Lea Meienberg

Anne Herrmann, Geld interessiert mich nicht sehr. Was sagt das über mich aus?

Die Einstellung zum Geld wird durch die Erziehung geprägt. Waren Geld und Finanzen ein Thema im Haushalt? Wurde mit Bewunderung über vermögende Personen gesprochen? Oder gab es im Alltag Geldsorgen?

Dann stamme ich weder aus einer wohlhabenden noch einer armen Familie?

Es gibt auch Personen aus wohlhabenderen Schichten, die Geld nicht zum Thema machen. In Studien sagen heute viele Jugendliche, Geld zu verdienen sei ihnen nicht so wichtig. Sie stammen mutmasslich aus finanziell behüteten Familien, und ihnen ist gar nicht bewusst, wie viel es braucht, um den elterlichen Lebensstandard zu sichern. Geld wird in gut situierten Familien oft nicht thematisiert – nicht, weil es nicht wichtig ist, sondern weil es weniger als Argument bei Entscheidungen herangezogen wird. In weniger gut situierten Familien hören die Kinder dagegen häufiger, dass man aus finanziellen Gründen bestimmte Dinge nicht tun kann. Das prägt die Kinder.

Vielleicht hat dieses jugendliche Desinteresse auch mit dem Bild des rüpelhaften Reichen zu tun. Eine US-Studie besagt, dass Reiche im Strassenverkehr häufiger die Vorfahrt nehmen und mehr Kopierpapier stehlen. Verdirbt Geld den Charakter?

Das kann man so absolut nicht sagen. In den USA wird es ja auch bewundert, wenn Leute viel Geld verdienen. Zudem gilt umgekehrt auch nicht, dass alle armen Menschen gut sind. Auch Armsein kann zu Fehlverhalten führen, zum Beispiel, weil man sich einreden kann, man müsse sich Dinge unlauter beschaffen.

Viele Menschen in der Schweiz treibt die Angst vor sozialem Abstieg um – obwohl das Land im internationalen Vergleich reich ist. Warum ist das so?



Das ist ein interessantes Phänomen, weil die soziale Absicherung in der Schweiz stark ist. Man kann nicht so tief absteigen wie in anderen Ländern. Generell lässt sich sagen, dass Menschen emotional stärker auf Verluste reagieren als auf Gewinne. Man spricht von der Verlustaversion: Wer 800 Franken im Lotto gewinnt, freut sich zwar schon einen Moment lang. Aber wer 800 Franken verliert, wird sich deutlich länger und stärker darüber ärgern.

Die Fokussierung auf Verluste macht wohl tendenziell unglücklich?

Man kann das so sehen. Es kann einen aber auch motivieren, sich finanziell abzusichern. Davon leben die Versicherungen. Wir bezahlen lieber einen kleinen Betrag jährlich, um nicht in der Angst zu leben, grössere Beträge zu verlieren. Wir wollen unbedingt das Gefühl vermeiden, etwas verlieren zu können. Auch da treibt uns die Verlustaversion.

Der Ökonom Richard Easterlin hat 1974 aufgezeigt, dass die US-Gesellschaft trotz des damaligen konjunkturellen Booms nicht glücklicher geworden ist. Das Paradoxon wurde später in anderen Ländern bestätigt. Wie lässt sich das erklären?

Wir vergleichen unser individuelles Einkommen und unsere Lebenssituation mit unserem Umfeld. Wie stehe ich punkto Verdienst im Vergleich mit mir bekannten Personen da? Das ist es, was für uns zählt. Deshalb steigert es unser Glücksempfinden kaum, wenn sich unsere Umstände gegenüber früher verbessert haben oder wenn wir im Verhältnis zu Menschen in anderen Ländern besser dastehen.

Der Drang zum Vergleichen macht uns unzufrieden?

Er macht einen jedenfalls nicht zufriedener. Zudem ist es selektiv und irrational, was wir bei anderen wahrnehmen. Wenn der Nachbar ein teures Auto kauft, denken wir, dass es ihm besser gehen muss als uns selbst. Dabei hat er soeben sehr viel Geld für ein Auto ausgegeben und gerade weniger Geld zur Verfügung. Wenn

wir uns anhand gewisser Statussymbole mit anderen vergleichen, kann uns das unzufriedener machen. Das hängt aber auch von unserer Werthaltung ab: Es macht uns vor allem dann unglücklicher, wenn wir der Überzeugung sind, dass solche Statussymbole uns glücklicher machen würden.

Also machen steigendes Wachstum und mehr Konsum die Leute auf die Dauer nicht glücklicher?

Für die westliche Konsumgesellschaft trifft das heute zu. Das war noch vor ein paar Jahrzehnten anders: In den Fünfziger- und Sechzigerjahren des 20. Jahrhunderts hat uns das Wirtschaftswachstum mehr Lebensqualität gebracht. So konnten sich zunehmend mehr Menschen Annehmlichkeiten wie Kühlschränke oder Farbfernseher leisten. Die Freude darüber war aber ziemlich begrenzt. Zum einen, weil – wie vorhin erwähnt – man sich damit schon bald nicht mehr von anderen abhob. Zum anderen machte sich die sogenannte Hedonic Adaptation bemerkbar: Wir gewöhnen uns an diese Annehmlichkeiten und nehmen sie als selbstverständlich an. Daher lösen sie keine Glücksgefühle mehr aus.

Glücklicher als Investitionen in Konsumgüter machen laut Glücksforschung Investitionen in Erlebnisse. Warum?

Es gibt ja den Spruch: «Wenn dich dein Geld nicht glücklich macht, gibst du es nur nicht richtig aus.» Erlebnisse und Aktivitäten machen uns glücklicher als materielle Güter, weil wir nicht nur die Freude an der Aktivität selber haben, sondern auch die Vorfreude davor und die schönen Erinnerungen danach. Meist sind diese Erfahrungen auch noch mit sozialen Erlebnissen mit Menschen gekoppelt, die einem wichtig sind. Das ist die Kombination der beiden glücksfördernden Prinzipien «positive Erlebnisse schaffen» und «Social spending», das Teilen des Glückserlebnisses mit anderen. Viele kleinere Erlebnisse über das Jahr verteilt wirken sich dabei positiver auf das Lebensglück aus als die einen grossen Ferien, bei denen die Erwartungen sehr hoch sind.

Seit Covid boomt das elektronische Geldausgeben und wir haben keinen sogenannten Schmerz des Bezahls mehr, wie Sie es einmal ausgedrückt haben. Verleitet uns das elektronische Bezahlen zu unverhältnismässigen Ausgaben?

Wir geben tatsächlich leichter Geld aus, wenn der Schmerz des Bezahls fehlt. Dank des elektronischen Bezahls können wir aber auch im Nachhinein nachvollziehen, wofür wir Geld ausgegeben haben. So wird für uns ersichtlich, warum die Ausgaben gestiegen sind. Und wir können unser Verhalten entsprechend anpassen, etwa indem wir weniger spontan im Internet einkaufen. Es lohnt sich, seine Bankbelege regelmässig auf unnötige Ausgaben zu prüfen. Aber wer seine finanzielle Situation wirklich verbessern will, sollte sich vor allem die grossen Ausgaben anschauen und sich fragen, welche Prioritäten er oder sie setzen will: Wie gross muss die Wohnung sein? Muss es ein Neuwagen sein? Brauche ich überhaupt ein Auto? Sind alle meine Versicherungen auch sinnvoll?

Gewisse Geldinstitute bieten Kreditkarten an unter dem Motto: «Heute kaufen, später bezahlen». Ist das eine Schuldenfalle?

Solche Angebote sind nie umsonst, weil man Verzugszinsen bezahlt. Daher sollte man sich gut überlegen, welchen Einfluss so ein Angebot auf das eigene Konsumverhalten hat. Aus psychologischer Perspektive geht es darum, das eigene Lebensumfeld so zu gestalten, dass man positive Entscheide trifft. Das könnte für manche bedeuten, bewusst auf solche Dienste zu verzichten, weil man weiss, dass man für Spontankäufe anfälliger ist.

Wir steuern auf die bargeldlose Gesellschaft zu. Wie wird das die Gesellschaft verändern?

Menschen sind sehr unterschiedlich, auch im Umgang mit Geld. Für die einen ist es praktischer, kein Bargeld mehr verwenden zu müssen. Das Zahlungsformat verändert ihr Ausgabenverhalten nicht: Sie kaufen auch dann nur, was sie brauchen. Andere lassen sich durch bargeldloses Zahlen leichter in Versuchung bringen. Sie müssen Strategien entwickeln, um trotzdem gute Entscheidungen zu treffen – zum Beispiel indem sie bestimmte Limiten für ihre elektronischen Zahlungsmittel festlegen.

Expertin fürs Geldausgeben

Anne Herrmann ist Professorin für Wirtschaftspsychologie und Leiterin des Instituts für Marktangebote und Konsumententscheidungen an der Fachhochschule Nordwestschweiz. Sie forscht über Konsumentverhalten und empfiehlt, beim Geldausgeben **die Emotionen zu notieren: Haben wir uns gefreut?** Hatten wir ein schlechtes Gewissen? War gar kein Gefühl dabei? Nach ein paar Wochen lernen wir so, unsere Beziehung zum Geld besser zu eruieren.

Bernhard Ott ist Journalist in Bern.

Die einen wollen Prostitution möglichst aus den Augen haben. Andere möchten nicht, dass Sexarbeit an den Rand gedrängt wird. Klar ist, dass die Umstände einen Einfluss auf den Preis der Dienstleistung haben. Wohl auch in diesem Rotlichtgebäude im Zürcher Niederdorf.

Foto: Tom Huber



Sechs Mal originell investiert

So ähnlich ihre Ursprünge, so unterschiedlich sind ihre Ziele: vom reinen Geldmachen zum Ideal der Nachhaltigkeit, von der Software für ganze Firmen zur Smartphone-App für jede Einzelne. Von Schweizer Spin-offs aus der Finanztechnologie, die sich auf dem Markt etablieren wollen.

Text Johannes Giesler Illustrationen Niels Blaesi

Aufrunden bitte!

Kaspar-und: Spin-off der Universität St. Gallen (2020)

Ziel: Investieren und Vorsorgen mit Kleinstbeträgen

«Unsere Kunden haben ab dem ersten Franken Zugang zu allen Anlagelösungen. So bauen wir Hürden ab», sagt Jan-Philip Schade. Denn: «Wir glauben, dass Investieren ein Recht für alle ist und nicht nur wohlhabenden Menschen vorbehalten sein soll.» Dafür hat Schade mit drei Mitstreitern

das Fintech Kaspar-und gegründet. Bei jeder Bezahlung mit der Kaspar-und-Kreditkarte wird auf den nächsten Franken aufgerundet und das Kleingeld automatisch investiert. Dafür erhalten die Kundinnen neben der Kreditkarte auch ein Bankkonto und ein Anlagendept. «Das Wechselgeld legen wir in einer unserer fünf Anlagestrategien an.» Die reichen von «sehr zurückhaltend» bis zur reinen Aktienstrategie. Das Unternehmen beteuert, seine Anlagen nach Umwelt- und Gesellschaftskriterien sowie nach unternehmerischen Mindeststandards zu tätigen. Zusätzlich können Kunden

online oder via App weitere Anlage- und Sparziele eröffnen und sie mit Daueraufträgen bedienen. Dazu gehört auch eine Säule-3a-Vorsorgelösung. Konto und Karte sind kostenfrei, aber auf das verwaltete Vermögen erhebt Kaspar-und eine jährliche Gebühr von 0,85 Prozent.

Alarm bei Marktschwankungen

Adaptiv: Spin-off der ETH Zürich (2016)

Ziel: frühe Risikoerkennung für Profis

«There is no free lunch.» Oder: keine beständig positiven Renditen ohne Risiko. Das weiss auch das Team von Adaptiv. Trotzdem versprechen die drei Gründer: «Wir schützen das Vermögen unserer Kundinnen besser vor grossen Marktkrisen als herkömmliche Methoden.» Ihr «Adaptiv Sensor» basiert auf der frei zugänglichen Doktorarbeit von Tobias Setz. Dahinter steckt ein mathematisches Verfahren, das die Wahrscheinlichkeit für steigende Risiken und fallende Kurse beschreibt. Felix Fernandez erklärt: «Wir mes-

sen kontinuierlich Marktrisiken und passen unsere Portfolios entsprechend an.» Schlägt der Sensor Alarm, weil zum Beispiel die Preise an einem Markt plötzlich stärker schwanken oder die erzielten Renditen weit unter den Erwartungen liegen, schichtet die Firma Anlagen um. Das Verfahren des Start-ups funktioniert laut Fernandez für Aktien, Devisen, Anleihen, Rohstoffe und Kryptowährungen. Wie überzeugt die Firma von ihrer Technologie ist, zeigt sie auf ihrer Webseite am Beispiel der Entwicklung der Credit Suisse: Der Sensor erkannte die Turbulenzen der Bank lange vor dem Kurs-Crash. Das Start-up hätte Investitionen deshalb sehr früh rausgezogen. Aktuell geht das Jungunternehmen den nächsten Schritt. Seit Juli 2023 hat es ein eigenes, auf Aktien basiertes Anlageprodukt am Markt.

Kein Gewinn, dafür viel Sinn

Galileo: Spin-off der Universität Zürich (2018)

Ziel: Investitionen und Jungunternehmen nachhaltig machen

Eigentlich wollte Sveta Banerjee Bankerin werden. Dann erschütterte 2008 die Finanzkrise die globalen Märkte – und ihre Überzeugungen gleich mit. «Mir wurde bewusst, dass ich die Bankenbranche verändern will.» Sie begann, sich mit Impact Investing auseinanderzusetzen. «Das ist keine Philanthropie», erklärt die Unternehmerin. «Es geht, wie bei klassischen Anlagen, um Rendite und Skalierung. Geld fliesst aber nur in Unternehmen mit einem positiven sozialen und ökologischen Ausdruck.» 2018 gründete sie mit zwei Partnern Galileo, eine Informationsplattform ohne Gewinnabsichten. Das Ziel: Events und Workshops veranstalten, die über Impact Investing informieren. «Studierende,



Banker, IT-Beraterinnen: Wir haben Tausende Menschen weitergebildet, die nach Sinn in ihren Berufen suchten.» 2020 gründete Banerjee noch die Impact Investing Solutions, um Start-ups und Unternehmen bei ihrer Transformation zu Nachhaltigkeit zu unterstützen. «Dafür produzieren wir eine TV-Show mit rund 860 000 Zuschauern monatlich, die wir über unterschiedliche Kanäle erreichen.» Und das Unternehmen besitzt ein Investoren-Netzwerk mit rund 7000 Mitgliedern. «Mit unserer Hilfe konnten wir bislang etwa eine halbe Milliarde US-Dollar an Investitionen ermöglichen», sagt Banerjee.

Nie mehr Spesenabrechnungen

Yokoy: Spin-off der Universität St. Gallen (2019)

Ziel: automatisch Firmenausgaben verwalten

Im Jahr 2018 arbeitete Devis Lussi bei einem global agierenden Konzern und brachte Monat für Monat stundenlang mit Spesenberichten zu. Das muss doch besser gehen, dachte er sich – und die Idee zu Yokoy war geboren. «Heute

bieten wir eine Software-Komplettlösung für das Ausgabenmanagement an», sagt Mitgründer Philippe Sahli. Das Spin-off führt Spesen, Rechnungen und die Verwaltung von Firmenkreditkarten auf einer Plattform zusammen. Dann prüft eine künstliche Intelligenz alle Eingaben. «Unser In-house-KI-Lab ist das Herzstück», sagt Sahli. Ihre KI erkenne beispielsweise, wenn eingetragene Spesen nicht zu Ausgabenrichtlinien des Unternehmens passten. «Unsere Software lernt mit jedem Beleg dazu und ist morgen besser als heute.» Yokoy hat Kundinnen auf der ganzen Welt und verwaltete zuletzt ungefähr eine Milli-

arde US-Dollar. Dafür arbeiten mittlerweile über 250 Mitarbeitende an sechs Standorten. Viele wurden direkt aus Schweizer Universitäten rekrutiert. «Sie sind eine Quelle für Top Talente.»

Wirkung auf Mensch und Umwelt zeigen

Leafs: Spin-off der Universität Basel (2021)

Ziel: transparente Anlageportfolios

Während eines Austauschsemesters 2020 in Taiwan lernten sich Lars Stauffenegger und Daniel Fink kennen. Sie einte, dass sie die Finanzwelt der Zukunft demokratisieren wollten. «Je besser Anlegende informiert sind, desto eher fallen sie nachhaltige und mit ihren Prinzipien übereinstimmende Investitionsentscheide», erklärt Stauffenegger. Ein Jahr später hoben die beiden mit Mitgründer Frederik Wetzel Leafs aus der Taufe. Ein Software-as-a-Service-Unternehmen, das nicht nur Risiken, sondern vor allem Umwelt- und Sozialwirkungen eines Anlageportfolios trans-

parent machen will. Sind diese Daten verständlich aufbereitet, hofft das Team, fließt mehr Kapital in nachhaltige Wirtschaftstätigkeiten. «Wir möchten einen positiven Einfluss auf die Finanzbranche und die Gesellschaft insgesamt haben», sagt Fink. Die Software von Leafs erklärt Anlegenden deshalb das Risiko ihrer Investition für sie persönlich und mögliche Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft. Noch ist Leafs nicht am Markt. Anna Vasileva, Head of Product, aber sagt: «Wir haben positive Resonanz von Vermögensverwalterinnen erhalten, die unsere Lösung ansehen konnten.» Mitte 2023 befindet sich das mittlerweile neunköpfige Team auf einer Roadshow durch die Schweiz und präsentiert die Software potenziellen Kunden.

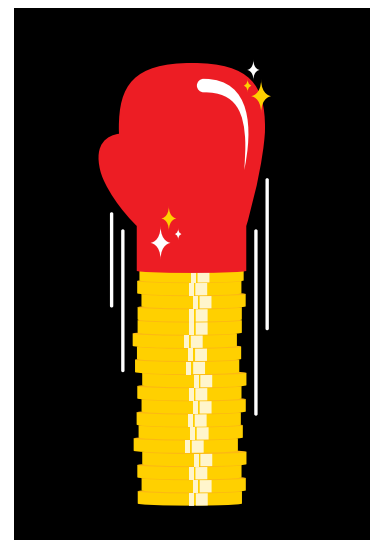
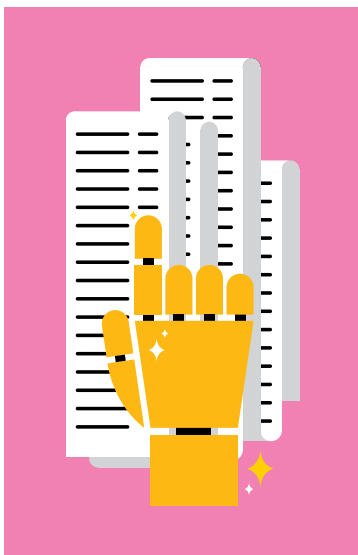
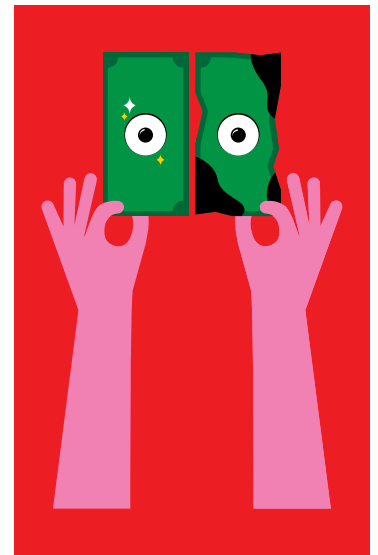
Anlage-KI spielt Evolution

Aionite: Spin-off der Universität Zürich (2020)

Ziel: optimale Strategien für Investitionen austesten

«Wir machen als erster Anbieter die evolutionäre Finanzmarkttheorie investierbar», sagt Marco Högger. Bei Aionite dreht sich alles um das Überleben des Fittesten. Das Startup investiert in Anlagestrategien, die – so zumindest das Versprechen – «evolutionär überlegen» sind. Das ist sicherlich cleveres Marketing. Das ist aber auch eine eigens trainierte künstliche Intelligenz. «Sie beurteilt und gewichtet Anlagestrategien und bestimmt wahrscheinliche Kursbewegungen», sagt Högger. Die KI berechnet zudem, wie wahrscheinlich eine Strategie funktioniert. Je höher die Wahrscheinlichkeit, desto höher das Investment. Die beiden Gründer legen Geld global und sehr breit an: in Indizes, Währungen, Obligationen und Rohstoffen. Sie setzen auf steigende und fallende Kurse und sind so «theoretisch für jede Marktphase gewappnet». Und die Gründer glauben an ihr Produkt: «Wir sind mit unserem gesamten Vermögen in unsere Strategie investiert und sitzen im selben Boot mit unseren Investoren», sagt Högger. Aionite ist auch drei Jahre nach der Ausgründung, bedingt durch die Forschungs- und Dozententätigkeit des zweiten Gründers, Sandro Braun, noch immer eng mit der Uni Zürich verzahnt. Die Nähe ermöglicht es, Talente in gemeinsame Projekte zu involvieren.

Johannes Giesler ist freier Journalist in Leipzig.



0.01 % ▼	KINARUS N	2.69	6.73 % ▲	Loser SPI	
0.01 % ▼	IDORSIA N	0.01	6.52 % ▲	LECLANCHE N	0.4
0.05 % ▼	MONTANA N	7.20	3.97 % ▲	Kuros N	1.3
0.09 % ▼	ROMANDE	14.30	2.88 % ▲	SENSIRION N	88
	TITL BN BERG N	1305.00	2.76 % ▲	KUDELSKI I	6
		45.00	2.74 % ▲	ams-OSRAM	
42.25				WISKey N	
-0.94 % ▼	BASLER KB PS	61.6	-0.32 % ▼	BB BIOTECH N	3
-0.46 % ▼	SIKA N	245.9	1.07 % ▲	SONOVA N	231.5
					-0.

CONVENTION
CENT

- < Link
- < Venture
- < Connect
- < Foyer 2
- < WC

Aktien, Rohstoffe, CO₂-Zertifikate – an der Börse wird der Preis für viele Dinge festgelegt. Die angezeigten Kurse waren wichtige Informationsquellen, als der Handel noch im Ring stattfand. Heute sorgen sie wie hier in Zürich nur noch für das richtige Ambiente beim Empfang.

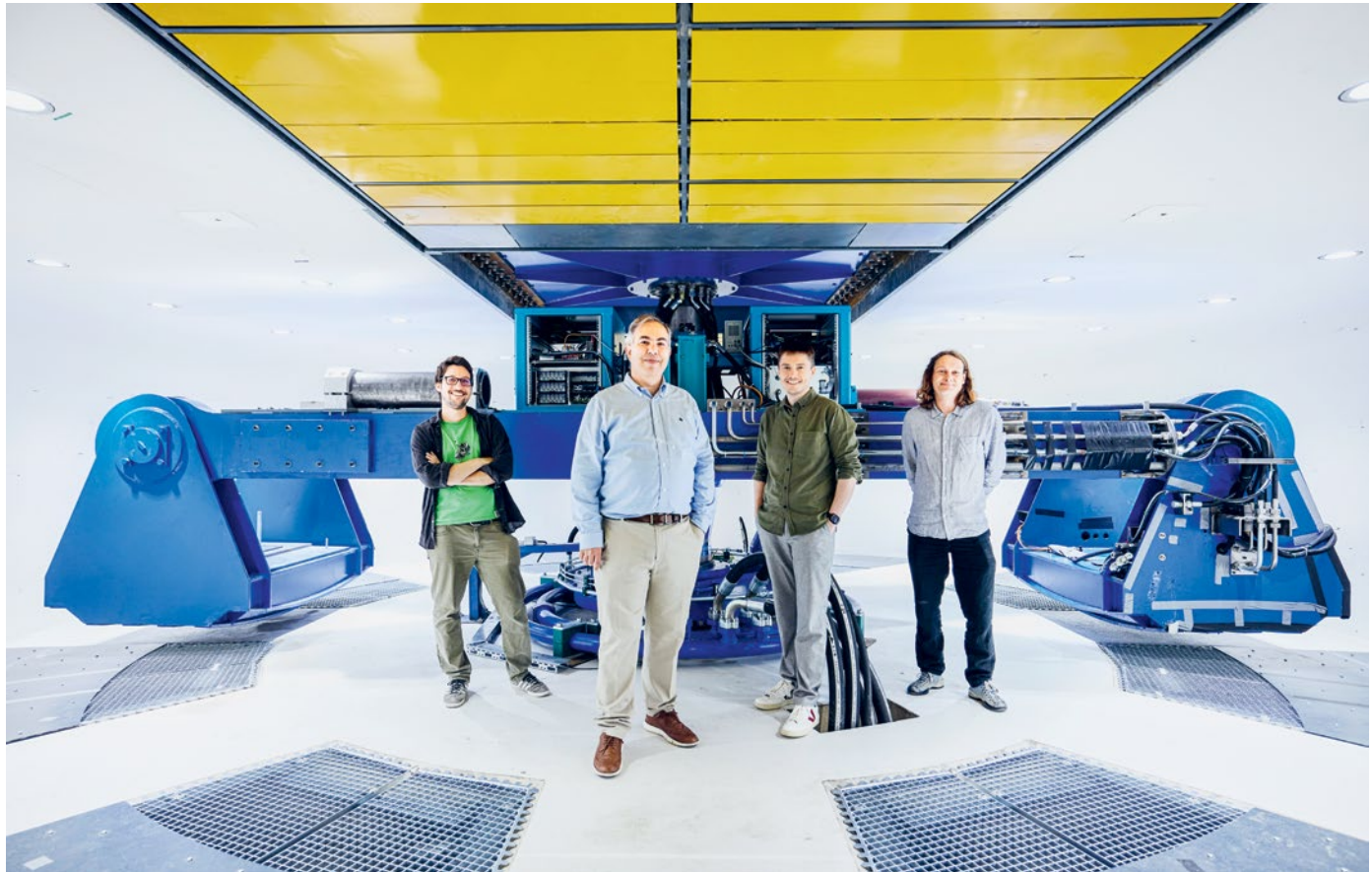
Foto: Tom Huber

Das blaue Biest dreht und dreht sich

Seit Juni ist auf dem ETH-Campus Höggerberg die leistungsstärkste Forschungszentrifuge Europas in Betrieb. Damit werden die Auswirkungen von Erdbeben und Überschwemmungen auf Gebäude, Brücken und Dämme erforscht.

Text Florian Wüstholtz Fotos Markus Bertschi

1



2



5

4

Elegant, futuristisch und leuchtend blau schwebt das «blaue Biest» fast schwerelos im Raum. Eingefasst von einem fast 250 Tonnen schweren Betongehäuse, wartet es auf die ersten Experimente. Hier – ein paar Meter unter der Erde am ETH-Campus Hönggerberg oberhalb von Zürich – ist die leistungsstärkste Forschungszentrifuge Europas endlich startklar. Nach sieben Jahren Organisieren, Bauen, Restaurieren und Testen. Die tonnenschwere gelbe Stahltür liefert den farblichen Kontrast.

Seit Juni lassen sich in der Zentrifuge an der ETH Zürich bis zu zwei Tonnen schwere Modelle auf bis zu 250-fache Erdgravitation (G) beschleunigen. «Wir werden die Zentrifuge allerdings nicht in diesem Grenzbereich laufen lassen», relativiert Professor Ioannis Anastasopoulos. Er leitet das Zentrifugenzentrum am Institut für Geotechnik der ETH Zürich. «Die Experimente werden meist im Bereich von 100 G durchgeführt», ergänzt Ralf Herzog, der für den technischen Einbau verantwortlich ist und dafür sorgt, dass alle Systeme einwandfrei laufen.

Und dennoch: Wenn die Zentrifuge Fahrt aufnimmt und sich mit rund 250 Kilometern pro Stunde bewegt, ist das angsteinflössend. Allein die 1000 PS starken hydraulischen Ölpumpen verursachen einen Höllenlärm.

Bereits für den Einbau im eigens dafür umgebauten Trakt musste schweres Geschütz aufgefahren werden. Vor drei Jahren hob der

grösste Kran der Schweiz das Betongehäuse in die dafür ausgehobene Grube. Das Gehäuse ruht dabei auf vier speziell entworfenen Stahlfedern und dient als Fundament der Zentrifuge. Wenn sich die Zentrifuge dreht und ihre Kräfte freisetzt, fangen die Federn und der Betonmantel die kleinsten Vibrationen auf und isolieren diese von der Aussenwelt. So werden keine hochsensiblen Experimente in benachbarten Laboren in Mitleidenschaft gezogen.

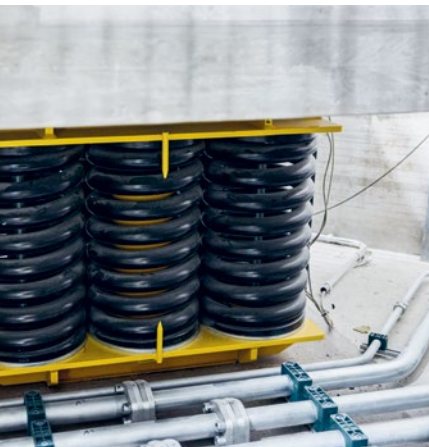
Ein Jahr wurde das «blaue Biest» eingebaut, die rund 20 Tonnen schwere Balkenzentrifuge. Diese stand zuvor jahrelang in einer Abstellhalle in Bochum – nachdem 20 Jahre lang mit ihr geforscht worden war – und wurde ausgiebig restauriert. «Als wir sie zum ersten Mal sahen, dachte ich nicht, dass sie je wieder laufen würde», sagt Herzog. «Ausser dem massiven Stahlbalken ist fast alles neu: Lager, Motoren, Hydraulik, Elektronik und Sensoren wurden erneuert und modernisiert.» Nun können die Experimente beginnen.

100 Mal kleiner und leichter

«Damit simulieren wir nun Bodenstruktursysteme», erklärt Anastasopoulos, «also Bauwerke, die im Boden verankert sind: Fundamente, ein Damm oder eine Brücke.» Ein gutes Beispiel sei eine Brücke, die mit mehreren Pfeilern in einem verflüssigbaren Boden verankert ist. Denn wie sich ein Boden und ein darauf stehendes Gebäude zum Beispiel bei einem Erdbeben verhalten, lässt sich nur schwierig erforschen. «Wir können im Labor keine dreissig Meter dicke Bodenschicht aufbauen. Wir müssen sie herunterskalieren und mit Modellen arbeiten.»

Das Problem: Bei der Interaktion zwischen Boden und Strukturen spielt das Gewicht eine entscheidende Rolle. «In der Forschungszentrifuge wird dieses Problem dank der künstlichen Gravitation gelöst», erklärt Anastasopoulos. Dreht sich der rund neun Meter lange Dreharm 148 Mal pro Minute um sich selbst, wirkt das Hundertfache der Erdbeschleunigung auf das vorgefertigte Modell, das im Gegenzug 100 Mal kleiner und leichter als in der Realität ist. Dadurch gleichen sich Gewicht, Kräfte und Belastung wieder aus.

Mit dem «blauen Biest» wollen Anastasopoulos und sein Team unter anderem besser verstehen, welche Auswirkungen Erdbeben auf Bauten haben. «Der Boden beeinflusst stark, wie viel seismische Beschleunigung ein Gebäude aushalten kann», erklärt er. «Das haben wir jüngst leider auch in der Türkei gesehen.» Je nach Geologie veränderten die seismischen Wellen die Eigenschaften des Bodens



- 1 Das Innere der Forschungszentrifuge ist auch im Ruhezustand beeindruckend. Davor posieren Lampros Sakellariadis, Ioannis Anastasopoulos, Liam Jones und Ralf Herzog (von links nach rechts).
- 2 Speziell entworfene Stahlfedern fangen kleinste Vibrationen auf.
- 3 Der Zugang zur Zentrifuge wird während der Experimente durch eine tonnenschwere Tür verschlossen. Hier, bei offener Türe, dreht sich die Zentrifuge zu Demonstrationszwecken nur ganz langsam.
- 4 Ioannis Anastasopoulos erklärt, wie das «blaue Biest» funktioniert: Lager, Motoren, Hydraulik, Elektronik und Sensoren wurden für die ETH erneuert und modernisiert.
- 5 Die Ölpumpen mit 1000 PS Leistung treiben die Zentrifuge an und verursachen einen Höllenlärm.

und hatten völlig andere Auswirkungen auf die darauf stehenden Gebäude. Manche stürzten in sich zusammen, weil sie wie in einem Schüttelbecher von links nach rechts geworfen wurden. Andere sanken fast unbeschädigt zur Seite, weil sich der Boden darunter quasi verflüssigte. «Wie eine Struktur auf ein Erdbeben reagiert, hängt enorm stark vom Boden ab. Das können wir mit unserer Zentrifuge besser erforschen und verstehen – und damit auch mehr Sicherheit bei Erdbeben liefern.»

Ein weiteres Anwendungsgebiet liegt in der Erforschung von Tsunamis und Flutkatastrophen. «Bei solchen Ereignissen versagen Strukturen und Fundamente oft, weil der Meeresboden oder das Flussbett in kurzer Zeit ausgewaschen werden», erklärt Anastasopoulos. Mit einer speziellen Apparatur lässt sich in der Zentrifuge auf dem Höggerberg ein kontinuierlicher Wasserstrom simulieren – genau wie etwa derjenige, der 2021 zur Flutkatastrophe in Deutschland führte.

20 Erdbeben pro Minute

«Der grösste Aufwand für ein Experiment ist die Vorbereitung», sagt Anastasopoulos. «Die Modelle müssen präzise gebaut werden und speziellen Parametern genügen, damit wir sie zur Simulation benutzen können.» Eine extra gefertigte Maschine schichtet den Sand, der als Bodenmodell dient, in der richtigen Dichte und Menge und dem passenden Gewicht auf. Die 3D-gedruckten Modelle von Brücken und Fundamenten werden vorweg auf statische Vergleichbarkeit geprüft. Sogar das verwendete Wasser ist speziell: eine sehr zähflüssige Mischung aus Wasser und Methylzellulose, die sich bei hoher Gravitation genau richtig verhält.

Erst dann darf das Modell auf eine der beiden Schaukeln der Zentrifuge. Bis die benötigte Umlaufgeschwindigkeit erreicht ist, dauert es dann bloss zehn bis fünfzehn Minuten. In dieser Zeit richtet sich das Modell aus der Vertikalen langsam in die Horizontale auf. Es wird durch die zentripetale Beschleunigung quasi an die Wand gedrückt. Dann folgen die Erdbebensimulationen – wofür ein einzigartiger Rütteltisch gebaut wurde, auf dem das Modell steht. Mit ihm lassen sich Erdbeben in der hundertfachen Geschwindigkeit und mit hundertfacher Verkleinerung erzeugen. «Das Equipment wurde extra für uns angefertigt, weil die nötigen Schwingungen sehr schnell und sehr klein sein müssen», erklärt Anastasopoulos. «Ein Erdbeben, das in der Realität 30 Sekunden dauert, simulieren wir dann in 0,3 Sekunden.» Auch Messgeräte wie die Kameras, die das Geschehen in der Zentrifuge

dokumentieren, müssen entsprechend sensibel sein. «Eine normale Hochgeschwindigkeitskamera nimmt vielleicht 10 000 Bilder pro Sekunde auf», sagt Herzog. «Unsere schaffen bis zu 10 Millionen Bilder pro Sekunde.»

Die Kombination aus Zentrifuge und Rütteltisch an der ETH Zürich findet man sonst fast nirgendwo. Riesige Rütteltische, auf denen die statische Stabilität fünfstöckiger Gebäude getestet werden kann? Klar, die gibt es auch in Japan, das von Erdbeben besonders betroffen ist. Und grössere Zentrifugen gibt es anderswo sowieso. Doch die Kombination sorgt am Höggerberg für die Magie. «Dank der Zentrifuge können wir Bodendicken von 40 Metern simulieren, was mit gewöhnlichen Rütteltischen unmöglich oder viel zu teuer wäre», sagt Anastasopoulos.

Weniger Zement und höhere Sicherheit

Mit der Zentrifugenforschung will Anastasopoulos auch einen Beitrag zur Bekämpfung der Klimaerwärmung leisten – obwohl er sich nicht allzu gerne mit solch wissenschaftspolitischen «Buzzwords» schmückt. «Mit unserer Forschung können wir die Erdbebensicherheit von Gebäuden optimieren», sagt er trotzdem. «Dadurch lässt sich der Verbrauch von klimaschädlichem Zement und Stahl bei der Restaurierung von Brücken oder dem Neubau von Dämmen reduzieren.» Das senke nicht nur die Kosten, sondern auch den ökologischen Fussabdruck.

Auf der anderen Seite werden Extremereignisse wie Flutkatastrophen aufgrund der Klimaerwärmung immer häufiger. «Fundamente von Brücken oder Deiche sind deshalb viel stärkeren Auswaschvorgängen ausgesetzt», sagt Anastasopoulos. «Diese können wir in unserer Zentrifuge simulieren und damit Adaptionsmassnahmen optimieren.» Schliesslich liessen sich in der Zentrifuge lange und zyklische Belastungen simulieren – wie das Hin und Her der Wellen, die ein Fundament eines Offshore-Windkraftwerks belasten. «Mit unserer Forschung können wir konkret etwas gegen die Klimaerwärmung unternehmen.»

Diese praktischen Aspekte haben in Anastasopoulos bereits vor knapp dreissig Jahren die Faszination für Geotechnik geweckt. Damals erschütterte in Japan ein Erdbeben der Stärke 7,3 das Zentrum von Kobe. Viele Brücken stürzten ein, über 60 000 Gebäude wurden vollständig zerstört. 6500 Menschen starben. «Ich war damals Student in Griechenland, und die Effekte und Schäden, die sich aus der Interaktion zwischen Boden und Gebäuden ergeben, faszinierten mich.»

Noch immer geht er mit seinen Studierenden fast jedes Jahr nach Japan, um sich mit den Forschenden vor Ort auszutauschen. «Erdbebensicherheit ist in der Schweiz eine Frage der Optimierung», sagt er. «Für Länder wie die Türkei und Japan geht es ums Überleben.»

Florian Wüstholtz ist freier Journalist in Bern.

6



11

«Dank der Zentrifuge können wir Bodendicken von 40 Metern simulieren, was mit gewöhnlichen Rütteltischen unmöglich oder viel zu teuer wäre.»

Ioannis Anastasopoulos

7



8



- 6 Die Schnittstellen für Daten und Strom drehen sich dank ausgeklügelten Systemen beim Betrieb der Zentrifuge mit.
- 7 In der Schaltzentrale überwacht Ralf Herzog den Ablauf der Experimente.
- 8 Schraubenschlüssel, Drähte, Kabelbinder: Bis ein Experiment aufgebaut ist, dauert es mehrere Wochen.
- 9 Moderne Schnittstellen sorgen dafür, dass die Daten von Millionen von Bildern pro Sekunde nicht verloren gehen.
- 10 Dieser Rütteltisch kann innerhalb von 0,3 Sekunden ein Erdbeben simulieren.
- 11 Verwendete Modelle lagern vor der kleineren Trommelzentrifuge.



10

9



Die weissen Fäden der Bodenpilze wachsen um die Wurzeln herum und bilden eine Mykorrhiza (Pilzwurzel). An den Kontaktstellen findet ein Tausch von Nährstoffen statt. Foto: Shutterstock

Im Untergrund retten Pilze Wälder

Wenn sie gut zusammenarbeiten, geht es Mykorrhiza-Pilzen und Bäumen am besten. Wie die Symbiose im Kampf gegen die Folgen der Erderwärmung genutzt werden kann.

Text Lia Rosso

Gemeinsam sind sie stark: Bestimmte Pilze gehen mit Pflanzen über das Wurzelgeflecht symbiotische Beziehungen ein. Ihre enge Verbindung kann im Kampf gegen den Klimawandel hilfreich sein. Die Symbiose wurde erstmals vor rund 140 Jahren vom deutschen Biologen Albert Bernhard Frank beschrieben. Als er herausfinden wollte, ob sich auch in Preussen Trüffel züchten lassen, stellte er fest, dass der unterirdische Teil dieser Pilze so eng mit den Baumwurzeln verbunden ist, dass sie zusammen eine Art eigenes Organ bilden. Frank nannte dieses Organ Mykorrhiza, nach dem griechischen Wort «mykes» für Pilz und «rhiza» für Wurzel.

Seither wurde die Bedeutung dieser engen Verbindung, die bereits mit den ersten Pflanzen vor mehreren Millionen Jahren entstanden ist, in Tausenden von wissenschaftlichen Publikationen bestätigt. Vermutlich ist Mykorrhiza die am weitesten verbreitete und wichtigste Form der Symbiose in den Ökosystemen dieser Welt. Ihre Vielfalt ist zudem enorm, und die Pilzarten haben sich parallel zur Evolution der Pflanzen immer weiter spezialisiert.

Wie Martina Peter, Gruppenleiterin an der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), erklärt, gibt es zwei Haupttypen von Mykorrhizen: Bei der Endomykorrhiza dringt der Pilz in die Wurzeln ein.

Die Böden werden per Sämaschine geimpft

Mykorrhiza-Pilze können in Form von Bodensubstrat oder Granulat in den Boden geimpft werden. Mit Versuchen wird auch geprüft, ob sie sich den Kulturen als Dünger hinzufügen lassen. Die sogenannte **Inokulation erfolgt mit Maschinen** oder – wegen des hohen Aufwands meist nur im Rahmen wissenschaftlicher Arbeiten – von Hand.

Laut Marcel van der Heijden von Agroscope und der Universität Zürich lässt sich das Anpflanzen von ganzen Kulturen mit Sämaschinen oder durch die Platzierung der Inokulate unter den keimenden Samen mit moderaten Kosten vornehmen. Der Forscher hat gerade ein neues Projekt über das Potenzial von Bodenimpfungen für die landwirtschaftliche Produktion lanciert, in dem er **Werkzeuge für die Praxis entwickeln** und testen möchte.

Sie ist besonders in der Landwirtschaft und für die Obstbäume wichtig. Von der Ektomykorrhiza profitieren sowohl in den hiesigen als auch in den nördlichen (borealen) Wäldern vor allem Nadelbäume und die sogenannten Fagales, das sind etwa Buchen, Eichen und Birken. Über 2000 Arten und fast ein Drittel der mit bloßem Auge sichtbaren Fruchtkörper stammen von Pilzen, die eine Mykorrhiza eingehen. Dazu gehören unter anderem Trüffel, Maronenhöhrling, Frauentäubling, Edelreiszker, Trompetenpfefferring sowie giftige Pilze wie der Fliegenpilz und der Grüne Knollenblätterpilz.

Puffer gegen Trockenheit

«80 Prozent der Landpflanzen leben in Symbiose mit Bodenzpilzen», sagt Marcel van der Heijden, der bei Agroscope, der landwirtschaftlichen Forschungsanstalt des Bundes, und an der Universität Zürich Pflanzen-Boden-Interaktionen untersucht. Die Pilze erhalten dabei Zucker und Aminosäuren, die von den Pflanzen durch Photosynthese produziert werden. Im Gegenzug versorgen sie die Pflanzen mit Wasser und Nährstoffen wie Stickstoff und Phosphor. «Das ist für die Pflanzen sehr wertvoll, gerade unter Stressbedingungen, zum Beispiel bei Angriffen durch Pathogene oder bei Hitze, Trockenheit und Schadstoffbelastungen.»

Martina Peter vergleicht die Mykorrhiza mit einer Art lebendem Puffer: «Bei Experimenten in sehr trockenen Waldstücken im Wallis haben wir in Hitze- und Trockenperioden markante Veränderungen der Pilzgesellschaften beobachtet. Einige Arten verschwinden, andere halten stand und breiten sich aus.» Die Auswirkungen von Hitze und Trockenheit auf die Bäume würden gemildert. Die

Veränderungen vollziehen sich schnell und sind vermutlich reversibel. Diese Reaktionen der Mykorrhiza werden laut Van der Heijden jedoch längst nicht alle Ökosysteme vor zunehmend extremen Bedingungen retten können. Dennoch stärken sie die Widerstandskraft der Pflanzengemeinschaften, reduzieren den Stress für die Pflanzen und stabilisieren die Ökosysteme.

Die Idee, diesen natürlichen Trumpf zu nutzen, liegt auf der Hand. Indem der Boden mit bestimmten Pilzen angeimpft wird, soll die Widerstandskraft bei Trockenheit und Hitze unterstützt werden. In der Schweiz wurden bereits über 100 vielversprechende Mykorrhiza-Pilzarten isoliert und verschiedene Feldversuche lanciert. Das Anpflanzen der Gemeinschaft der Mikroben im Boden mit Endomykorrhiza-Pilzen sei «ein wertvolles Werkzeug für die Landwirtschaft», meint Van der Heijden. Es bereichert nicht nur den Boden und macht ihn widerstandsfähiger gegen Stress, sondern trägt auch zur Kohlenstoffbindung bei, eignet sich zudem für den biologischen Anbau und fördert damit die Biodiversität der Ökosysteme, was wiederum für widerstandsfähige Böden und Pflanzen von unschätzbarem Wert ist. «Es ist eine natürliche Art der Düngung, bei der keine chemischen Substanzen eingesetzt werden müssen, die im Übrigen die Pilznetzwerke schwächen.»

Die Grenzen der Symbiose

Stickstoffhaltige Rückstände aus der landwirtschaftlichen Düngung und die Stickoxidemissionen des Autoverkehrs sind gefährliche Feinde der symbiotischen Pilze. «In Wäldern und auf natürlichen Böden haben sich Pflanzen und Pilze an niedrige Stickstoffkonzentrationen angepasst», erklärt Peter. Wenn die Böden zu stickstoffreich sind, investieren die Bäume eher in die oberen Bereiche und produzieren weniger Zucker für Wurzeln und Pilze. Dies kann den Pilzen die Lebensgrundlage entziehen. Wo dies der Fall ist, geht die Vielfalt der Pilzgesellschaften deshalb zurück, gewisse Arten sterben ab und werden nicht mehr durch andere ersetzt. Ihre Pufferfunktion gegenüber Stress wird dadurch gemindert.

Doch auch die Impfung mit den Pilzen hat ihre Tücken: «Ist es nicht gefährlich, in den Reichtum des Bodens einzugreifen?», fragt sich Peter. Gerade im Wald? «Eigentlich sollte man idealerweise auf die Widerstandskraft der Natur vertrauen. Denn wenn man ein Problem zu lösen versucht, erzeugt man möglicherweise ein anderes.» Aber: «Die Veränderungen durch die Klimaerwärmung sind rasant, und wir sehen bereits, dass sich Bäume wie die Buche vermutlich nicht rechtzeitig anpassen können.»

Beiden Forschenden ist es deswegen ein Anliegen, die Mykorrhiza-Pilze und ihre Eigenschaften weiter zu analysieren. Ziel dabei ist es, sie selbst bestmöglich zu erhalten, sodass sie wiederum zur Rettung von Nutzpflanzen und Bäumen beitragen können. «Solange sie überleben, können sich besser angepasste Arten entwickeln, die die Pflanzen unterstützen», schliesst Peter.

Lia Rosso ist Biologin und Wissenschaftsjournalistin in Freiburg.

Bloss nicht hinschauen

Ein ganzer Kontinent an ungestellten Fragen tut sich in der Wissenschaft auf, wenn man danach sucht. Eine Entdeckungsreise durch Prozesse der Verdrängung.

Text Judith Hochstrasser Illustrationen Joël Roth

«Inzwischen ist es ein Tabubruch geworden, wenn man ausspricht, dass nicht alle Akademikerinnen Karriereabsichten haben.» Das konstatierte die Wirtschaftswissenschaftlerin Margit Osterloh diesen Frühsommer in der Weltwoche. Im Artikel ging es um die heftigen Reaktionen, die eine Studie von ihr und der Soziologin Katja Rost geerntet hatte. Diese zeigte unter anderem auf, dass bei Weitem nicht alle Studentinnen eine akademische Karriere anstreben, sondern viele lieber Teilzeit arbeiten möchten.

Dieser Aufschrei scheint den Vorwurf der Cancel Culture zu bestätigen, der seit einigen Jahren prominent in Medienberichten erscheint. Es sind dabei in erster Linie linksgerichtete Gruppierungen, die sich ärgern. Von anderer Seite kam die Kritik am Freiburger Psycholinguisten Pascal Gyax. Er zeigt auf, wie stark die Wirkung des generischen Maskulinums auf unser Denken ist. Vor zwei Jahren erschien sein Buch dazu. In Horizonte erzählte er damals: «In den siebzehn Jahren meiner Forschung habe ich noch nie so viele Anfeindungen erlebt.» Hier waren es rechtspolitische Stimmen, die sich aufregten.

Beide Beispiele zeigen, dass politische Überzeugungen und mediale Aufmerksamkeit eine unheilvolle Dynamik entwickeln können. Sie kann besonders junge Forschende davon abhalten, in diesen Bereichen zu arbeiten.

Nicht gesehen, nicht gesagt

Ob in diesen Fällen von Tabus geredet werden sollte, wie es Osterloh tut, steht auf einem anderen Blatt. Nehmen wir die Definition der österreichischen Wissenschaftshistorikerin Ulrike Felt in einer ORF-Sendung zu Hilfe: «Tabus sind das Ungesagte und Unsagbare, sie sind implizite Handlungsanleitungen.» Sowohl, dass Frauen gerne Teilzeit arbeiten, als auch die Auswirkungen des generischen Maskulinums sind keine ungesagten oder unsagbaren Themen, sondern werden seit Jahren gesellschaftlich kontrovers diskutiert. Es handelt es sich demnach in beiden Fällen nicht um Tabuthemen.

Aber es sind Themen, die ganz bestimmte Überzeugungen tangieren und deshalb auf Widerstand stossen. Die Angst vor der negativen Reaktion kann zu blinden Flecken in der Forschung führen. Der deutsche Soziologe Jan Philipp Reemtsma definiert diese wie folgt: «Der blinde Fleck ist nicht das, was man nicht sieht, sondern eine Stelle im Auge, die verhindert, dass man etwas sieht – dass man sieht, wohin man doch blickt, eine zuweilen kleine Stelle, aber immerhin.» Also: Auch wo man hinschaut, gewisse Dinge bleiben ausgeblendet.

Zeitreise zu Unsagbarem und Ungesehenem

Der Maler, Bildhauer und Universalgelehrte Leonardo da Vinci hat für seine anatomischen Meisterwerke menschliche Leichen seziiert. Obwohl im 16. Jahrhundert nicht verboten, war Leichenöffnung damals doch verpönt. Da Vinci hatte mit Tabus zu kämpfen. – Kleine Zeitreise zu verdrängten Themen der Wissenschaft.



20. Jahrhundert: Frauenkörper zählt nicht

Endometriose, prämenstruelles Syndrom, Menopause, sie alle betreffen nur den Frauenkörper. Dieser interessierte in der Medizin früher wenig. «Prototyp war einfach traditionell der Mann, als Patient, aber auch als Arzt und Forscher», wie Gendermedizinerin Cathérine Gebhard in einem Interview auf der Webseite des Universitätsspitals Zürich erklärt.



1960er: Ignoriertes Leiden der Kinder

In den sexuellen Befreiungsbewegungen wurde Sex mit Kindern teilweise legitimiert. Es gab in der Erziehungswissenschaft nicht viele kritische Gegenstimmen. Dass die Erwachsenen die Macht hatten und die Kinder unter den Übergriffen litten, geriet nicht in den Blick. Die Einsprüche kamen später durch die Frauenbewegungen.



Ende 19. Jahrhundert:

Grosses Paradigma der kleinen Tierchen

Dass man die Bakterien als Ursache für Infektionskrankheiten gefunden hatte, war im 19. Jahrhundert eine Revolution. Gleichzeitig wurden aber ältere Bereiche der Medizin wie die Hygieneforschung, die zum Beispiel auch auf Wohnverhältnisse schaute oder auf Ernährungsgewohnheiten, von da an ausgeblendet.



1930er:

Nazis verbieten Einsteins Theorie

Im Dritten Reich war die Relativitätstheorie von Albert Einstein verpönt. Sie wurde seit 1919 häufig im Sinne der kommunistischen Revolution als weltumstürzende Idee gedeutet, die Nazis machten sie mitverantwortlich für den «Wertezerfall der Gesellschaft». Dazu kam, dass Albert Einstein jüdisch war.



1970er: Atombombe sicher nicht

In der Technikgeschichte war die These, dass es für den Versuchsreaktor in Lucens eine militärtechnische Motivation gab, zunächst verpönt. Tabuisiert war auch die These, dass ein Reaktor eine zivilisierte Bombe sei. Deswegen durfte man nicht einmal sagen, der Reaktor in Lucens sei beim Unfall 1969 explodiert.

Natürlich verschwimmen die Grenzen zwischen Tabus und blinden Flecken. Es sind keine scharfen Bezeichnungen, aber man kann sich mit ihnen als Leitplanken durch die verdrängten, verpönten und vergessenen Themen in der Forschung bewegen. Davon gab und gibt es bedeutend mehr als diejenigen, die aktuell mit dem Cancel-Culture-Hammer verteidigt werden.

Am Beispiel der pädosexuellen Gewalt zeigt sich, welche Dynamiken spielen, wenn ein Thema in der Forschung für lange Zeit ausgeblendet wird. Die deutsche Erziehungswissenschaftlerin Meike Sophia Baader von der Universität Hildesheim war an der Aufarbeitung der sexualisierten Gewalt in den sogenannten Reformbewegungen beteiligt, also der Reformpädagogik, der Bildungsreform und den sexuellen Befreiungsbewegungen. Sie erzählt, wie das gesellschaftliche Tabu Sex ab Ende der 1960er-Jahre in bestimmten Kreisen mit der sexuellen Befreiung aufgebrochen wurde. «Jede sexuelle Aktivität galt dort nun als gut», erklärt sie. Selbst sexuelle Handlungen mit Kindern.

Baader belegt dies anhand der erziehungswissenschaftlichen Zeitschrift «Betrifft: Erziehung», die 1973 ein Themenheft mit dem Titel «Pädophilie – Verbrechen ohne Opfer» herausgab. Die Zeitschrift sei zu Beginn der 1970er-Jahre das pädagogische Magazin in der Bundesrepublik Deutschland mit der höchsten Auflagenzahl gewesen. «Sie war ein Forum für eine jüngere Generation von kritischen Bildungsforschenden sowie Bildungsreformerinnen und Bildungsreformern.»

Diese positive Aufmerksamkeit auf Sexualität und der Kampf gegen das gesellschaftliche Tabu Sex führten laut Baader dazu, dass man gleichsam blind war für andere Aspekte: «Die Rhetorik von der einvernehmlichen Sexualität zwischen Kindern und Erwachsenen ignoriert das Machtverhältnis zwischen den Generationen.» Es habe in den ganzen Diskussionen keine sichtbaren Positionen gegeben, die Kindern ein Nein zur Sexualität zugestanden.

Die Ignoranz für die Situation der Kinder ging so weit, dass der bekannte Erziehungs- und Sexualwissenschaftler Helmut Kentler im Buch «Plädoyer für Leihväter» noch 1989 beschreiben konnte, wie er im Rahmen eines sogenannten pädagogischen Experimentes Jugendliche von der Strasse bei pädosexuellen Männern unterbrachte. Es sei Kentler klar gewesen, dass es dabei zu sexuellen Handlungen kam. «Er war der Überzeugung, dass diese den Jugendlichen nicht schaden, denn ihre Leihväter würden sie liebevoll behandeln und auf die Gesellschaft vorbereiten», erklärt Baader.

Dort, wo es wehtut

Bis zu diesem Zeitpunkt war das Leiden der Opfer ein blinder Fleck in den fortschrittlichen Erziehungswissenschaften. Eine bestimmte, vermeintlich befreiende Perspektive auf Sexualität sorgte für einen regelrechten Tunnelblick. Kentlers Experimente sowie die flächendeckende sexualisierte Gewalt an Kindern und Jugendlichen im deutschen reformpädagogischen Internat, in der Odenwaldschule, gingen bis Ende der 2000er-Jahre respektive sogar bis Mitte der 2010er-Jahre weiter. «Es dauerte lange, bis die Betroffenen mediale, politische und wissenschaftliche Aufmerksamkeit bekamen», sagt Baader. «Zuerst gibt es so etwas wie verschwiegenes Wissen. Das ist der Knackpunkt daran. Dann wird es zwar ausgesprochen, aber niemand hört darauf.»

Noch 2020 sei es in der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaft vorgekommen, dass sexualisierte Gewalt an Kindern als Schmutzthema bezeichnet wurde. «Bis eine Disziplin bereit ist, auch auf sich selbst zu schauen, das sind lange Prozesse», so Baader. «Zunächst ist das Thema komplett tabuisiert, dann wird dieses Tabu auf-

gebrochen und lässt sich nicht mehr vollkommen ignorieren. Irgendwann ist das Thema zwar kein Tabu mehr, aber man will es immer noch wegschieben.» Die bisweilen diffuse Wolke irrationaler Abwehrreflexe, die solche unsagbaren Themen oft umgibt, wird in Baaders Beschreibungen nahezu greifbar.

Meike Sophia Baader schaut weiter dorthin, wo es wehtut. Es gäbe auch aktuell Themen, die so unvorstellbar seien, dass sie kaum beforscht würden. Sie nennt etwa sexualisierte Gewalt in der frühen Kindheit bei Säuglingen und Kleinkindern. Dasselbe gelte für sexualisierte Gewalt in der Pflege, etwa an Menschen mit Beeinträchtigungen. «Die Gesellschaft, die betroffene Wissenschaftsdisziplin und oft auch die Forschenden wollen solche Themen einfach nicht an sich ranlassen, und sie sind ja auch schwer auszuhalten», erklärt Baader eindrücklich, was rund um ein Tabu passiert.

Einfach zu gefährlich

Neben unsagbaren bis unvorstellbaren Themen gibt es auch Forschungsbereiche, welche Gesellschaft und Wissenschaft so sehr ängstigen, dass sie diese lieber nicht angehen. Seit etwa fünfzehn Jahren wird zum Beispiel die künstliche Reduktion der Sonneneinstrahlung auf die Erde, das sogenannte Solar Radiation Management, kontrovers diskutiert. Einige Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verlangen nicht nur, dass die Technik selbst verboten wird, weil deren Auswirkungen einfach zu unberechenbar seien. Sie wollen auch deren Erforschung mit einem Bann belegen. Die Forschung bereite einerseits den Boden für einen späteren Einsatz der Technologie. Andererseits könne schon die Forschung «moralisch verantwortungsloses Verhalten hervorrufen, da die sich eröffnende möglicherweise einfache Lösung des Klimaproblems zu weniger Emissionsbeschränkungen führe». So fasst eine Forschungsgruppe um Wilfried Rickels von der Universität Kiel eines der Argumente gegen Solar Radiation Management zusammen.

Die mögliche Gefahr für die Zukunft führt hier zur Blockade der Beforschung einer Technik. Ähnlich ergeht es dem Klonen oder der Gewinnung von Stammzellen aus Embryonen, die in manchen Ländern mit Verboten belegt sind. Die österreichische Wissenschaftshistorikerin Ulrike Felt sagte dazu in einem Interview im Standard: «Meistens reden wir von Tabus, meinen aber Verbote. Tabus sind aber unausgesprochene Dinge, sie betreffen vor allem das, was nicht gesagt, gedacht, gefühlt oder berührt werden darf.»

Verbote wanken aber auch, wenn technologisch mehr möglich wird. Im Juni haben Forschende aus Cambridge künstliche Embryonen aus Stammzellen erzeugt. Die Schweizer Ethikerin Ruth Baumann-Hölzle meinte in einem Interview mit SRF auf die Frage, wie weit Forschung gehen darf: «Letztendlich setzt sich immer der sogenannte technische Imperativ durch, der das Machbare zum Ziel hat. So hat etwa die internationale Agentur für Biomedizin nach der erfolgreichen Erzeugung synthetischer Mäusembryonen bestimmte Richtlinien unverzüglich gelockert.»

Doch selbst wenn eine Befürchtung durch Forschung widerlegt wurde, kann ein Thema noch unterdrückt werden – allerdings in umgekehrter Richtung. Der Technikhistoriker David Gugerli von der ETH Zürich erinnert sich an ein Gesuch, das die Forschungskommission der ETH beurteilen musste. Die Antragstellenden wollten herausfinden, ob sich der Bau von Mobilfunkantennen negativ auf den Preis von Immobilien an ihrem Standort auswirkt. Die Kommission wollte den Antrag zunächst ablehnen, weil die gesundheitsschädliche Wirkung

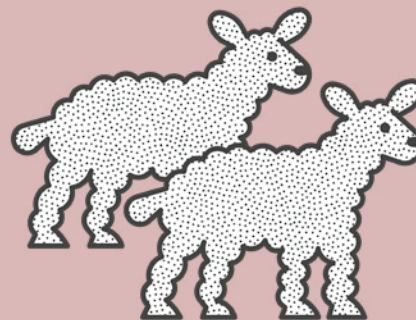


1970er/80er: Wohlfahrt egal?

Sozialwissenschaftliche Studien zeigten: Kinderlose Menschen sind glücklicher. Das bestätigte die These, dass Glück von individuellen Entscheidungen abhing. Unter welchen sozialen Bedingungen Eltern unglücklicher sind, wurde danach lange ausgeblendet. Erst jüngste Forschung zeigt: Wohlfahrtsstaatliche Massnahmen sind entscheidend.

1996: Keine neuen Lebewesen erschaffen

Vom ersten geklonten Säugetier Schaf Dolly 1996 bis zu den mit der Genschere CRISPR veränderten Zwillingen in China, Experimente an der Keimbahn von Lebewesen sind verpönt. Der chinesische Forscher He Jiankui wurde dafür sogar zu drei Jahren Gefängnis verurteilt.

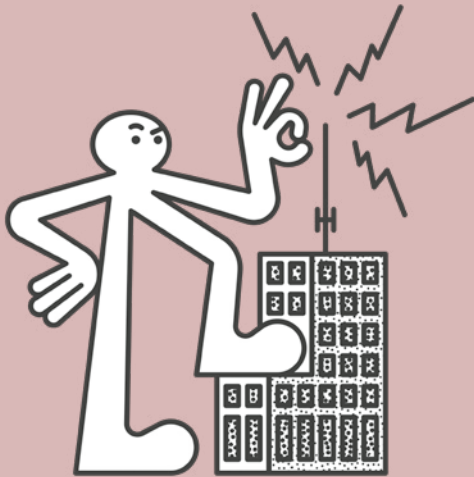


Aktuell: Sich selbst hinterfragen

Die befragten Forschenden sind sich einig: Die Wissenschaft könnte die eigene Kultur umfassender reflektieren. Ihre Beispiele sind sehr divers: die Publikationsflut, die Nützlichkeit von Forschung, der Druck, stets das Neueste beforschen zu müssen, die quasi unantastbare Gilde der Professorinnen und Professoren.

1994: Von IQ und Ethnie

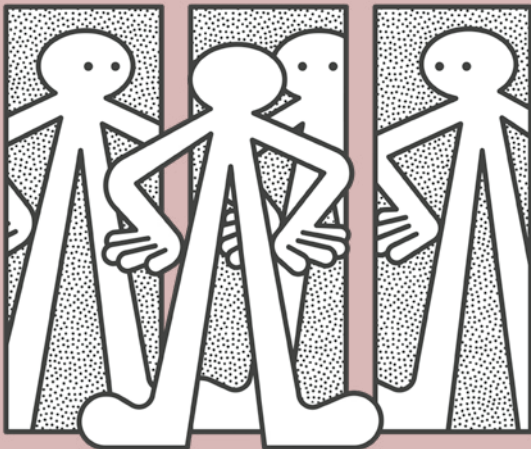
Im Buch «The Bell Curve» wird ein Zusammenhang zwischen IQ und Ethnie beschrieben, der bis heute als Tabuthema bezeichnet wird. Solche Forschungen waren laut dem Wissenschaftshistoriker Pascal Germann aber nie tabu. Sie betten sich in eine lange Tradition der Rassenforschung ein und schreiben Denkkategorien fort.



2000er:

Mobilfunktechnologie darf nicht schaden

Beeinflussen Mobilfunkantennen die Preise der Immobilien in ihrer Nähe? Das wollten Betriebsökonominnen wissen. Ob sie schädliche Strahlung abgeben, interessierte sie nicht. Die ETH-Kommission lehnte das Vorhaben zunächst dennoch wegen Unwissenschaftlichkeit ab.



von Mobilfunkantennen nicht nachweisbar sei und deshalb auch kein Effekt auf die Immobilienpreise erwartet werden könne. Gugerli erhob damals Einsprache: «Hier wurde Forschung tabuisiert, weil sie eine Nähe zu einem Thema hatte, das als unwissenschaftlich galt.»

Die Angst vor einem Reputationsschaden wegen eines vermeintlich unseriösen Themas spielte hier vermutlich eine wichtige Rolle. Gugerli nennt noch andere Bereiche, die in seiner Disziplin kaum untersucht werden. So sei es heute in der Technikgeschichte etwa verpönt, an alten Techniken wie Velos oder Wellblech zu forschen. «Das ist nicht sexy.» Aus dem Verdikt «uninteressant» oder zumindest «nicht neu» entsteht hier ein blinder Fleck.

Der maximale Tunnelblick

Der Wissenschaftshistoriker Pascal Germann von der Universität Bern sieht eine weitere wichtige Dynamik am Werk, wenn Themenbereiche kaum beleuchtet werden: «Es gibt immer neue Forschungsparadigmen. Diese bringen neues Wissen hervor und verändern den Blick auf die Wirklichkeit, sie erzeugen aber immer auch Bereiche von Nichtwissen.» Um das zu illustrieren, verweist er auf die Bakteriologie: «Einer der ganz grossen Durchbrüche in der Medizingeschichte.» Ab dem späten 19. Jahrhundert habe man gewusst, dass Infektionskrankheiten auf Mikroben zurückzuführen sind. «Von da an hat man sich auf diese Ursache festgelegt. Damit rückten andere Zusammenhänge in den Hintergrund. So galten nun Forschungen zu den sozialen Bedingungen dieser Krankheiten als veraltet.»

Bei der Tuberkulose, der «Killerin des 19. Jahrhunderts», war es insbesondere «die Arbeiterbewegung, die von einer sozialen Krankheit sprach», sagt Germann. Wie man heute weiss, war die Tuberkulose tatsächlich in den unteren sozialen Schichten viel stärker verbreitet, und der Rückgang der Sterblichkeit war vor allem auf eine Verbesserung der sozialen Bedingungen zurückzuführen. Laut Germann prägten bei Covid-19 «ähnliche reduktionistische Sichtweisen» die Diskussionen. Erfahrungsberichte aus Spitälern hätten sehr früh gezeigt, dass Leute in prekären Berufen stärker betroffen waren. «Diese soziale Dimension hat man aber erst mit der Zeit in den Blick genommen.» Er betont deswegen: Eigentliche Tabus seien selten dafür verantwortlich, wenn Themen nicht beforscht werden, sondern vielmehr bestimmte Paradigmen und politische Kontexte.

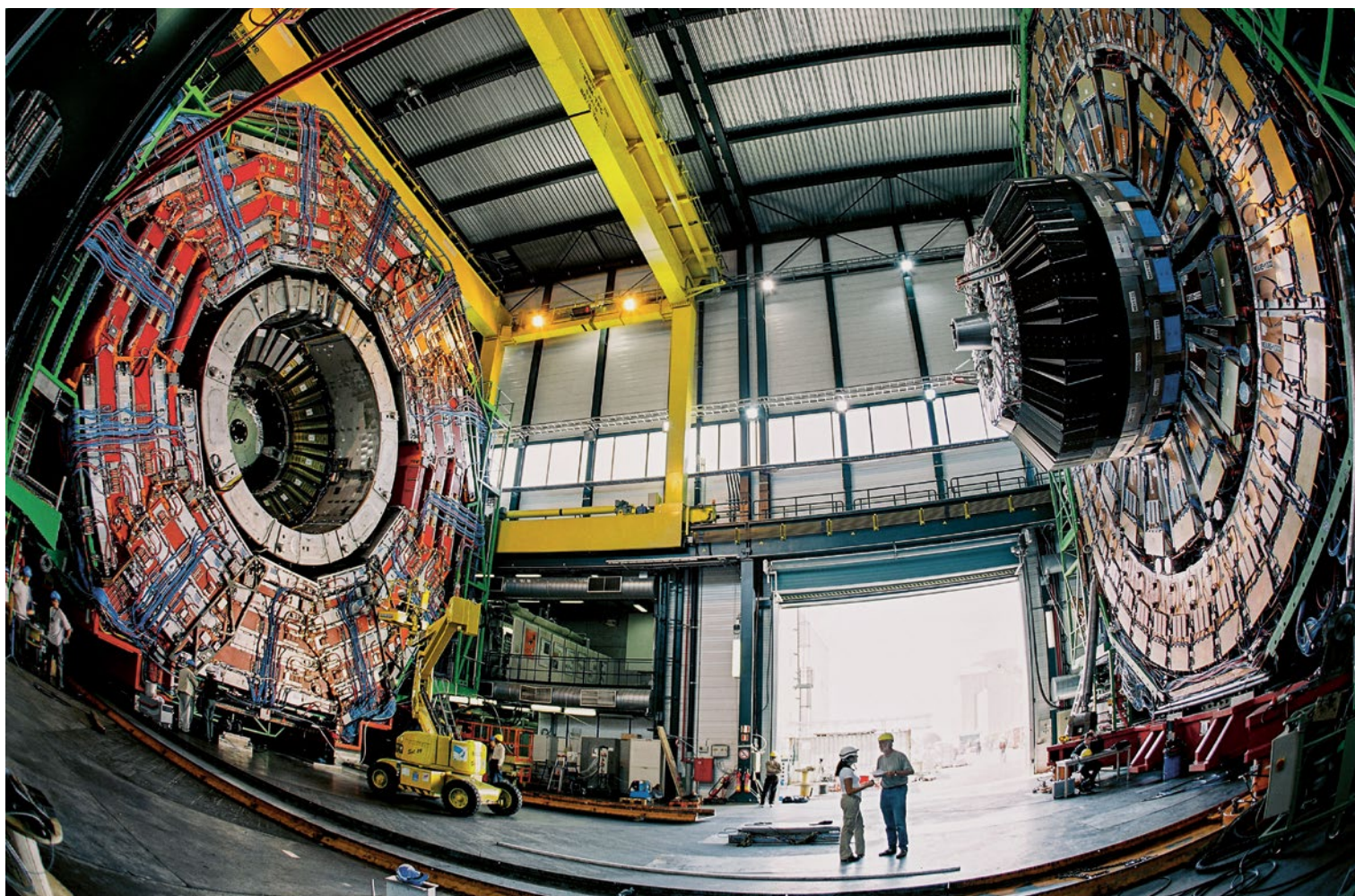
Bei Desinteresse und dominierenden Paradigmen entstehen blinde Flecken in der Forschung eher als Kollateralschäden. Sie zielen nicht darauf ab, ein Thema zu unterdrücken. Es wird für die Wissenschaft auch nicht unangenehm, wenn jemand diese ausgeblendeten Bereiche dann doch ins Blickfeld rückt. Von Themen jedoch, die zu sehr wehtun und/oder die eigene Disziplin infrage stellen, wird der Blick mit einer gewissen Absicht abgewendet. Das gilt auch für die politisch motivierte Ausblendung von Inhalten. Für die Forschenden in den betroffenen Bereichen ist es sehr unangenehm, wenn ihnen dann jemand den Kopf so drehen will, dass sie es trotzdem sehen müssen. Zum Ideal der Wissenschaft gehört es jedoch, auch die unbequemen Fragen zu stellen. Um dem gerecht zu werden, muss sie auch dann sehr präzise beobachten und umfassend arbeiten, wenn es bei ihr selbst unangenehm wird.

Judith Hochstrasser ist Co-Redaktionsleiterin von Horizonte.

Von der Leere nach dem Higgs

Sollten die neuesten Experimente keine Überraschungen bringen, droht der Stillstand der Teilchenphysik. Ein Stimmungsbericht aus einer Disziplin unter Druck.

Text Hubert Filser



Der CMS-Detektor wird 2006 noch oberirdisch zusammgebaut. Später im Tunnel wird er helfen, das Higgs-Boson nachzuweisen. Foto: Cern

Am 4. Juli 2012 herrschte wohl die grösstmögliche Euphorie unter den 6000 Forschenden am Large Hadron Collider (LHC) des Forschungszentrums Cern. Damals war das sogenannte Higgs-Boson nachgewiesen worden. Es war die Bestätigung einer 45 Jahre alten Vorhersage, das letzte Puzzle-Stück einer Theorie, die als Standardmodell bezeichnet wird (siehe Kasten rechts). Doch seitdem ist nicht mehr viel passiert.

Zwar sind in den vergangenen Jahren eine Vielzahl exotischer Partikel von einer Heerschar theoretischer Physikerinnen und Phy-

siker prognostiziert worden, aber die Hoffnung, diese auch nachzuweisen, hat sich nicht erfüllt. «Nichts davon ist eingetreten», fasst die Physikerin Sabine Hossenfelder vom Zentrum für Mathematische Philosophie der LMU München die Situation provokativ zusammen. «Es scheint, als ob da auf einer grundlegenden Ebene etwas schiefgelaufen ist. So verlieren wir ganze Generationen von Physikern.»

Neue Ideen gesucht

Die Forschenden am LHC stehen unter Druck, im aktuellen Messzyklus endlich Hinweise auf

eine neue Physik zu finden. Nach drei Jahren Pause krachen in der 27 Kilometer langen Röhre wieder Protonen aufeinander, um andere Teilchen zu erzeugen und deren Zerfall zu beobachten. Am besten solche, die man nicht schon kennt. Mit besserer Fokussierung des Teilchenstrahls und dem neuen Energie rekord von 13,6 Teraelektronenvolt soll endlich die Zeit der Enttäuschungen zu Ende gehen. «Wenn sie jetzt nichts finden, ist dieses Forschungsfeld tot», sagte im Juni 2022 der Teilchenphysiker Juan Collar von der University of Chicago im Fachmagazin Science.

Die Krise hängt auch mit dem erstaunlichen Erfolg des Standardmodells der Teilchenphysik (Siehe Kasten) zusammen. Doch die Forschenden wissen seit langem, dass es sich dabei nicht um die allumfassende Theorie der Natur handeln kann. Denn sie beschreibt weder die Schwerkraft noch die geheimnisvolle Dunkle Materie, die rund 80 Prozent der Materie des Universums ausmachen muss und von der bis heute ein Rätsel ist, woraus sie besteht.

«Über das Problem, dass fundamentale Theorien der Physik nicht zusammenpassen, haben schon Einstein und der Schweizer Physiker Fritz Zwicky vor hundert Jahren nachgedacht», sagt Hossenfelder, Autorin des Buches «Das hässliche Universum». Sie vermisst in der Disziplin die grundsätzlich neuen Ideen. «Gute Theorien beruhen darauf, dass sie einen Widerspruch in existierenden Theorien auflösen», sagt sie. Ansätze wie die Stringtheorie, die einst als Kandidat für eine vereinheitlichte Theorie galt, seien zwar prinzipiell interessant. «Aber man muss sie immer noch experimentell testen, und dazu sind Teilchenbeschleuniger nicht geeignet.» Hossenfelder setzt darauf, Theorien in kleinen Labors zu testen.

Dramatische oder übliche Stagnation?

Viele Teilchenphysiker wie etwa Nicola Serra, Professor an der Universität Zürich und Forscher am Cern, sehen die vermeintliche Stagnation der Teilchenphysik weniger dramatisch. «Wir haben ein hohes Niveau in unserem Verständnis erreicht. Da ist jeder weitere Schritt schwer», sagt Serra. «Ich halte das wechselhafte Vorankommen in solch komplexen Forschungsfeldern für ganz normal, wir sind bei sehr tiefgreifenden Fragen angelangt, die es noch zu klären gibt.»

So haben zum Beispiel Neutrinos eine Masse, werden im Standardmodell aber als masselos gehandelt. Würde man sogenannte rechtshändige Neutrinos finden, könnte dieser Widerspruch aufgelöst werden, man könnte erklären, warum es im Universum so viel mehr Materie als Antimaterie gibt, und sie werden auch als Kandidaten für die Dunkle Materie gehandelt. «Trotz seiner bedeutenden Erfolge benötigt das Standardmodell zumindest eine minimale Erweiterung», sagt Serra.

Eine andere Möglichkeit, offene Fragen zu beantworten, ist die sogenannte Supersymmetrie – eine mathematische Erweiterung, die jedem bekannten Standardmodellteilchen einen schwereren Partner zuweist. Gefunden wurde keines dieser Teilchen. «Stattdessen wurden die Theorien immer komplizierter», sagt Sabine Hossenfelder. «Und nur weil diese

mathematischen Erweiterungen neue Teilchen vorhersagen, ist das nicht wissenschaftlich. So produziert man nur unendlich viele aus meiner Sicht wertlose Paper.»

Auch ohne neue Teilchen tauchen doch immer wieder kleine Diskrepanzen zwischen den Messungen und den Vorhersagen des Standardmodells auf. Genau solchen Anomalien ist Nicola Serra auf der Spur. Flavour-Puzzle nennt sich das Phänomen, mit dem er sich mit seinen Kollegen am Cern beschäftigt. Es geht dabei um die Frage, warum die Mitglieder der Materie-Teilchen-Familien ein so eigenartiges Muster in ihren Massen haben, warum beispielsweise das leichte Elektron zwei schwerere Partner Myon und Tau hat. «Flavour-Anomalien müssen experimentell und theoretisch bestätigt werden, dann könnten sie ein Baustein zur Lösung dieses Rätsels sein», sagt Serra.

Allerdings sind inzwischen aufgrund einer statistischen Korrektur die tatsächlich beobachteten Anomalien kleiner geworden, und mit ihnen die Euphorie. Es ist ein wiederkehrendes Muster in der Teilchenphysik: Sensationsmeldungen werden nach ausführlicher Prüfung oft wieder zurückgenommen. So passierte es auch mit den Neutrinos, die 2011 angeblich mit Überlichtgeschwindigkeit vom Cern ins Gran-Sasso-Massiv geflogen waren. Dahinter steckten ein defektes Kabel und eine falsche Statistik, wie sich 2012 herausstellte. So könnte es auch mit W-Bosonen geschehen, die am Fermilab nahe Chicago schwerer waren als vorhergesagt: 2022 sprachen viele von einer neuen Physik. Noch laufen die Auswertungen. «Ich glaube nicht, dass hier etwas entdeckt wurde», winkt Hossenfelder ab. Serra findet dieses mühselige Spiel zwischen möglicher Neuentdeckung und anschließender Korrektur normal. Er selbst will seine Suche nach den Flavour-Anomalien noch nicht aufgeben. «Wir können am LHC mithilfe der neuen Messdaten noch viel lernen.»

KI soll's richten oder ein neuer Einstein

«So akribisch vorzugehen, ist eine gute Sache. Aber dass dabei eine neue Physik herauskommen wird, halte ich für unwahrscheinlich», sagt Hossenfelder. «Und diese Forschung braucht sehr viel Geld. Das muss man auch bei der Forderung nach leistungsstärkeren Beschleunigern bedenken.» Sie sagt das auch im Hinblick auf Pläne, am Cern den Future Circular Collider, einen 100 Kilometer langen, 20 Milliarden Euro teuren Ringbeschleuniger bauen zu wollen. Hossenfelder ist Big-Science-Projekten gegenüber durchaus aufgeschlos-

sen. Das James-Webb-Space-Teleskop sei ein Beispiel, «wo wir was fürs Geld bekommen, etwa dank all der Daten von jungen Galaxien, die uns helfen, Dunkle Materie besser zu verstehen». Aber man könne auch in der Quantenoptik oder im Quantencomputing die Grundlagen der Physik testen.

Immer mehr Forschende in der Teilchenphysik setzen inzwischen auf die Möglichkeiten der künstlichen Intelligenz, um ungewöhnliche Muster von Kollisionsdaten zu suchen. Der Physiker Steven Schramm von der Universität Genf etwa hofft, ein neues Teilchen zu finden, das im Rauschen der LHC-Kollisionen mit niedriger Energie verborgen ist (siehe auch Horizonte 137, «Einmal Algorithmus drüber, und schon gelingt's»). Auch Nicola Serra setzt auf die Technologie. «Die KI könnte eine Art Beifahrer für die Teilchenphysiker werden und Dinge sehen, die wir Menschen nicht erkennen können.» Am LHC sollen in den kommenden 16 Jahren 16 Mal so viele Daten gesammelt werden wie bisher. Wird das die Erstarrung der Teilchenphysik lösen? Serra: «Sollen wir auf das Potenzial des LHC setzen, der umfassende Messungen durchführt, um maximal belastbare Informationen zu erhalten, und gleichzeitig neue Theorien entwickeln oder sollten wir lieber warten, dass plötzlich ein neuer Einstein erscheint?»

Hubert Filser ist Wissenschaftsjournalist in München

Das Standardmodell: schön, aber unvollständig

Das vor gut 50 Jahren formulierte Standardmodell fasst erfolgreich alle wesentlichen Erkenntnisse der Teilchenphysik zusammen. Es kennt insgesamt 17 Elementarteilchen. **Zwölf davon sind Materie-Teilchen** wie Quarks, aus denen die Atomkerne zusammengesetzt sind, oder wie Leptonen, zu denen Elektronen und Neutrinos gehören. Vier der restlichen **fünf Teilchen übertragen Kräfte**: das Photon zum Beispiel die elektromagnetische oder das Gluon die starke Kraft, die die Quarks aneinanderklebt, wodurch die Protonen und Neutronen in den Atomkernen zustande kommen. Der Nachweis des letzten noch fehlenden Elementarteilchens, des Higgs-Bosons, wurde im Juli 2012 am Large Hadron Collider im Cern bekannt gegeben. Es gibt den anderen Teilchen ihre Masse. Das Standardmodell hat eine Schwäche: **Es erklärt nicht die Gravitationskraft.**

Senkrechtstart ins Berufsleben geprüft

Der Grossteil der Jugendlichen macht nach der Schule eine Lehre.
Die berufliche Grundausbildung ist gemäss
Forschenden auch ein Erfolgsmodell. Warum eigentlich?

Text Kalina Anguelova

«Die Berufsbildung konnte in den letzten 20 Jahren ihren Platz als beliebteste Ausbildung in der Schweiz halten», erklärt Jürg Schweri, Professor an der Eidgenössischen Hochschule für Berufsbildung (EHB) in Zollikofen. Laut dem Experten spielt sie weiterhin eine zentrale Rolle: Zwei Drittel der Jugendlichen erlernen nach Abschluss der obligatorischen Schule einen der über 200 Berufe mit EFZ (Eidgenössisches Fähigkeitszeugnis) oder EBA (Eidgenössisches Berufsattest). Das ist europäischer Rekord, der Durchschnitt in den OECD-Ländern liegt bei lediglich zwölf Prozent. Warum der Erfolg der Berufslehre bei uns so nachhaltig ist, hat verschiedene Gründe.

Patentrezept gegen Arbeitslosigkeit

«Für die Wirtschaft besteht der grosse Vorteil der beruflichen Grundbildung darin, dass sie sich an den Bedürfnissen der Unternehmen orientiert», erklärt Schweri. «Die Abstimmung auf den Arbeitsmarkt ist die grösste Stärke unseres Bildungssystems», bestätigt Rami Mouad, Statistiker beim Amt für Bildungsforschung (SRED) des Kantons Genf. «Die Unternehmen sind an der Entwicklung der Ausbildungsgänge beteiligt. Deshalb decken sich diese weitgehend mit dem Bedarf der Unternehmen an beruflichen Qualifikationen.»

Der Statistiker ist überzeugt, dass die Lehre jungen Menschen nicht nur Qualifikationen vermittelt, sondern auch dazu beiträgt, dass der Übertritt in den Arbeitsmarkt gelingt. Dies bestätigt die Arbeitslosenquote der 15- bis 24-Jährigen bei uns, die deutlich tiefer ist als in anderen Ländern: 6,9 Prozent hierzulande gegenüber 13,6 Prozent im europäischen Durchschnitt.

Ist die Berufsbildung also eine Art Patentrezept für die berufliche Integration von Jugendlichen? Schweri bestätigt: «Die niedrige Arbeitslosenquote ist ein Gütesiegel für das System.» Diesen Parameter wird der Forscher auch in seiner nächsten Studie über die Rolle der Lehrbetriebe beim Übergang zur Tertiärbildung und in die Arbeitswelt verfolgen.

Laut Jean-Louis Berger, Erziehungswissenschaftler an der Universität Freiburg, sollten bei der Beurteilung des Schweizer Systems nicht nur wirtschaftliche Argumente beachtet werden. Er betont die psychologisch-pädagogische Dimension der beruflichen Grundbildung. «Für die qualitative Weiterentwicklung der Ausbildung ist es wichtig, zu verstehen, wie die Beteiligten, also Lernende, Lehrpersonen in der Berufsschule sowie Berufsbildnerinnen und Berufsbildner in den Betrieben, diese definieren und wahrnehmen.» Deswegen hat der Forscher 2022 auch ein Instrument entwickelt, mit dem Lernende ihre Wahrnehmung der Qualität der Lehre zum Ausdruck bringen können. «Diese Informationen sollen dann von den Berufsbildnerinnen und Berufsbildnern genutzt werden können, um die Vermittlung theoretischer und praktischer Kompetenzen zu verbessern.»

Noch immer manchmal ausgenutzt

Im Rahmen dieser Studie hat Matilde Wenger, die aktuell an der Pädagogischen Hochschule in Lausanne tätig ist, ihre Dissertation über Spannungsfelder in der Ausbildung von Jugendlichen verfasst. Ihr Interesse galt dabei 15-jährigen Lernenden, die direkt nach der Schullaufbahn, die einen recht strikten, «teilweise infantilisierenden Rahmen» habe, in den

Arbeitsmarkt eintreten. Ihre Arbeit zeige, dass Lernende immer noch zu häufig für Aufgaben ausgenutzt werden, für die ein Betrieb eigentlich keine Lernenden einstellen müsste. Dies führe zu Frustration und manchmal zur Auflösung des Lehrvertrags. «In der Schule gilt: Je mehr sich Jugendliche wie Kinder behandelt fühlen, desto weniger engagiert sind sie. Am Arbeitsplatz fühlen sie sich weniger geschätzt, wenn sie mehr undankbare Aufgaben erledigen müssen.» Die Forscherin sieht eine mögliche Lösung darin, dass die Verantwortlichen für die Ausbildung die Existenz solcher Spannungen erkennen und thematisieren.

Insgesamt stösst das heutige System jedoch auf viel Anklang, und es kommt auch mit dem ständigen Wandel mit. Jürg Schweri spricht von einer «kontinuierlichen Anpassung», eben weil die Berufsbildung eng mit dem Arbeitsmarkt verknüpft ist. «Wenn dieser eine fundamentale Veränderung durchmacht, müssen zuerst die Ausbildungen angepasst werden.» Zu diesem Zweck werden alle Ausbildungsgänge im Abstand von fünf Jahren überprüft und gegebenenfalls revidiert, wie Lorenzo Bonoli, Forscher an der EHB, weiss. Rami Mouad nennt ein konkretes Beispiel: «Mit der Einführung des Eidgenössischen Berufsattests wurde die Berufsbildung auch für Jugendliche in schwierigen Situationen zugänglich.» In der Fachliteratur würden diese Atteste deshalb manchmal als integrative Berufsbildung bezeichnet, weil sie auch Jugendlichen aus sonderpädagogischen Schulungsformen eine Lehre ermöglichen.

Personen mit EFZ haben die Möglichkeit, anschliessend an die Lehre an höheren Fachschulen zu studieren, mit Matur an Fachhoch-



Als Multimediaelektronikerin in Ausbildung installiert Frances Vu-To Fernseher, Home Cinemas, Smartphones und mehr. Foto: Gabi Vogt / 13Photo

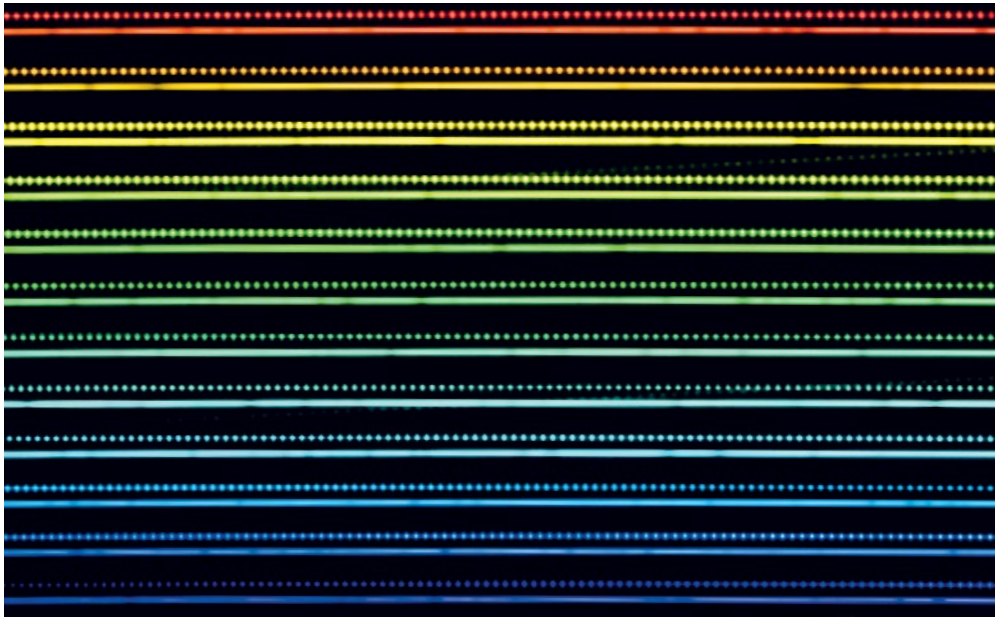
Für die Wirtschaft besteht der grosse Vorteil der beruflichen Grundbildung darin, dass sie sich an den Bedürfnissen der Unternehmen orientiert.»

Jürg Schweri

schulen, «was einerseits dem Bedürfnis nach einer kreativeren beruflichen Erstausbildung nachkommt und andererseits gewährleistet, dass mehr junge Menschen Qualifikationen auf Tertiärniveau erwerben», betont Lorenzo Bonoli. Die Durchlässigkeit zwischen der beruflichen Grundausbildung und der Tertiärstufe hat sich seit den 1990er-Jahren stetig verbessert. Die verschiedenen Bildungswege sind inzwischen gut miteinander verbunden. Nach einem EBA kann ein EFZ erworben werden. Die Berufsmaturität, die gleichzeitig mit dem EFZ oder danach absolviert werden kann, führt hin zu Ausbildungen auf Tertiärstufe, im Rahmen von Fachhochschulen, aber auch über die sogenannten Passerellen zu den universitären Hochschulen. «Zwischen 1999 und 2019 ist der Anteil der Erwerbstätigen mit einer beruflichen Grundbildung als höchstem Abschluss von 52 Prozent auf 36 Prozent zurückgegangen. Das zeigt, dass diese Ausbildung immer häufiger eher ein Sprungbrett als ein Abschluss ist», präzisiert Jürg Schweri.

«Wir haben ein sehr gutes System, aber das heisst nicht, dass wir es nicht noch besser machen können», ist sein Fazit. Die Mobilität zwischen Stellen, Sektoren und Berufen sowie die Durchlässigkeit des Bildungssystems dürften auch in Zukunft darüber entscheiden, ob die Erwerbstätigen auf Veränderungen wie technologische Innovationen reagieren können. Schweri betont deswegen, dass weitere Anstrengungen unternommen werden müssen, damit Jugendliche, die eine Lehrstelle suchen, optimale Unterstützung erhalten: «Sie müssen von Anfang an die Ausbildung wählen, die am besten zu ihnen passt, denn eine ungünstige Berufswahl wirkt sich auch negativ auf den Arbeitsmarkt aus.» Optimierungsbedarf bestehe auch beim Zugang zu Ausbildungen je nach Geschlecht oder Migrationshintergrund.

Kalina Anguelova ist Journalistin und lebt in Morges.



In der Astronomie misst ein Frequenzkamm (Punkte) das Spektrum (Linien) eines Sterns. Die dargestellten Farben sind zu weit auseinander und dienen lediglich der Illustration. Foto: ESO

Frequenzkämme straffen das Datennetz

Ein Schweizer Start-up will die Datenübertragungsrate von Glasfaserkabeln vervielfachen und den Stromverbrauch gleichzeitig senken. Wie das mit einem neuen Mikrochip gelingen kann.

Text Lionel Pousaz

Glasfaserkabel sind für die Infrastruktur des Internets unverzichtbar geworden. Sie übertragen Daten schneller und weiter als Kupferkabel. Vereinfacht gesagt, leiten dabei feine Fasern aus Glas oder Kunststoff einen pulsierenden Laserstrahl und übertragen damit digitale Informationen in Form von Einsen und Nullen. Das ist ungefähr wie ein Morsecode, der mit einer Taschenlampe übertragen wird – nur binär codiert und vor allem viel schneller.

Um die Übertragungsrate zu erhöhen, wird seit den 1990er-Jahren versucht, den Laserstrahl in mehrere Kanäle aufzutrennen, mit sogenannten Frequenzkämmen. Das Prinzip dabei ist, das gesamte Lichtspektrum, das von Ultraviolett über das sichtbare Licht bis hin zu Infrarot reicht, gleichmässig in bestimmte Wellenlängen aufzuteilen. Anstelle einer kontinuierlichen Verteilung der Frequenzen hat das Spektrum dann die Form eines Kamms mit Zinken in gleichmässigen Abständen,

daher auch die Bezeichnung Kamm. Nach der Umwandlung des Laserstrahls kann nun jeder Zahn dieses Kamms unabhängig ein Signal übertragen. In der Theorie bedeutet dies, dass sich parallel mehrere – bis zu Hunderten – Datenströme über eine einzige Glasfaser leiten lassen. Das Prinzip ist im Labor bereits erprobt und inzwischen auch Bestandteil erster kommerzieller Anwendungen.

Hundertfach aufgeteilter Laserstrahl

Dies ist auch die Mission des Unternehmers Maxim Karpov, der früher an der EPFL und am Forschungszentrum CSEM forschte und 2021 das Start-up Enlightra gründete. Seine Technologie nutzt Frequenzkämme, um das Verhältnis zwischen Durchsatz (übertragene Bits pro Zeiteinheit, Anm. d. Red.) und Energie bei der optischen Datenübertragung zu verbessern. Bereits kurz nach der Gründung wurde Karpovs Unternehmen in den Club der vom

kalifornischen Gründerzentrum Y Combinator geförderten Start-ups aufgenommen, zu denen schon Airbnb, Dropbox oder Reddit gehörten. Es hat heute 14 Mitarbeitende und liefert erste Produkte nach Deutschland und in die USA.

Das Unternehmen produziert Frequenzkämme mit kompakten, in einen Mikrochip integrierten Komponenten. Der Laserstrahl wird dabei innerhalb des Chips in eine Schleife geleitet. Dieser Mikroresonator teilt den Laserstrahl in verschiedene Farben. «Der entscheidende Punkt dabei ist, dass sich das Licht, anders als bei einem Prisma, nicht in alle Richtungen aufspaltet», erklärt Karpov. «Die einzelnen Farben sind unterscheidbar, bleiben aber in einem einzigen Strahl übereinandergelegt.» Mit anderen Worten: Das Lichtsignal verhält sich weiterhin wie ein Laserstrahl, was die Voraussetzung dafür ist, dass es durch die Glasfaser geleitet werden kann.

Jede Farbe – also jeder Zinken des Kamms des aufgespaltenen Spektrums – kann als eigener Kanal genutzt werden. Bei den Prototypen von Enlightra lässt sich der in etwa 100 Farben zerlegte Strahl wie 100 Lichtwellenleiter in einer einzigen Glasfaser nutzen. Dabei ist der Stromverbrauch zehnmal geringer als bei herkömmlichen optischen Systemen mit derselben Übertragungsrate.

Datenzentren könnten Strom sparen

Das Start-up möchte vor allem Datenzentren beliefern, bei denen Einsparungen des Stromverbrauchs um etwa ein Prozent möglich wären. Diese Einsparungen sind keineswegs vernachlässigbar: Der Anteil der Datenzentren am globalen Energiebetrag beträgt drei Prozent und steigt von Jahr zu Jahr.

Für Brendan Heffernan, Forscher bei IMRA America und Experte für Frequenzkämme, der nicht an der Arbeit von Karpov beteiligt war, ist der Ansatz überzeugend. «Mikro-Frequenzkämme könnten in einer ersten Etappe zu einer Schlüsseltechnologie in Nischenbereichen der Datenübertragung werden. Wie bei jeder neuen Technologie gibt es noch einige technische Hürden – aber weltweit auch viele Talente, die auf Lösungen hinarbeiten.»

Längerfristig könnte sich die Technologie der Mikrofrequenzkämme auch in den Privathaushalten durchsetzen, die über Glasfaserleitungen mit dem Internet verbunden sind, glaubt Karpov. «Aber im Moment ist das noch Zukunftsmusik.»

Lionel Pousaz ist Wissenschaftsjournalist in Boston.

Dank Kaninchen zurück in den Alltag

Mensch und Tier verbindet eine besondere Beziehung. Diese kann dabei helfen, eine Eingangstür zum Bewusstsein von Menschen mit Hirntrauma zu finden.

Text Klara Soukup

Nina sitzt in einem Rollstuhl im kahlen Eingangsbereich des Spitals. Sie hat die Augen offen, aber die blicken ins Leere. Behutsam setzt ihre Mutter ein Kaninchen in Ninas Schoss. Eine Pflegerin legt Ninas Hand auf den Rücken des Tiers. Und im Bruchteil einer Sekunde passiert, was davor wochenlang undenkbar schien: Nina verzieht die Mundwinkel zu einem winzigen Lächeln.

Nina, die eigentlich anders heisst, hat ein Schädel-Hirn-Trauma erlitten. Nach der lebensrettenden Operation erwachte sie zwar aus dem Koma, blieb jedoch im Zustand minimalen Bewusstseins. Dabei zeigen Patientinnen, im Unterschied zum Wachkoma oder zum vegetativen Zustand, gewisse Anzeichen, dass sie wahrnehmen. «Diese Zeichen sind subtil und oft nicht mit herkömmlichen Bildgebungs- und Testmethoden messbar», sagt Karin Diserens, Leiterin der Abteilung für akute Neurorehabilitation am Universitätsspital Lausanne. «Das sind etwa kleinste absichtliche Bewegungen, die nur erfahrene Pflegerinnen und Ärztinnen sehen.»

Beim minimalen Bewusstsein gibt es Hoffnung, Patienten wieder vollständig zurückzuholen. «Dafür suchen wir eine Eingangstüre in ihr Bewusstsein, und zwar über die Stimulierung der Sinneswahrnehmung», meint Diserens. Worauf eine Person anspricht, hängt ganz von ihrer individuellen Geschichte ab. «Das kann ein Musikstück sein, der Duft einer Blume oder eben der Kontakt mit einem Tier.» Bei Nina war es das eigene Haustier.

Mehr Hirnaktivität bei Berührung

An der Universität Basel dagegen wird mit ausgebildeten Therapeuten gearbeitet. Hier erforscht Karin Hediger, wie sich der Kontakt mit einem Tier auf neurologische Funktionen wie Wahrnehmung, Bewegung und Sprache sowie auf die Psyche auswirkt. Und das bei einem breiten Spektrum von Patientinnen: von Unfallopfern wie Nina, die noch einen langen Weg vor sich haben, bis zu fast ganz genesenen Schlaganfallpatientinnen, die gezielte Fähigkeiten verbessern sollen.

Mittels Verhaltensbeobachtungen und Messung der Herzrate konnte die klinische Psychologin belegen, dass das Berühren eines Tieres Bewusstseinsreaktionen bei minimal bewussten Patientinnen auslöst. Der Versuch schloss zehn Probanden und nach deren Vorlieben ausgesuchte Therapiehunde, -kaninchen und -meerschweinchen ein. Darauf folgte eine Pilotstudie mit zwei komatösen und zwei gesunden Probanden, in der Hediger mit Nahinfrarot-Spektroskopie zeigte, wie bei dem Kontakt die frontale Hirnaktivität steigt.

Die These der Biophilie ist die Grundlage. Hediger erklärt: «Menschen suchen immer die Verbindung zur Natur und zu anderen Lebewesen. Schon Babys sind von Tieren angezogen.» Wie auch Karin Diserens, betont die Psychologin aber, dass der Erfolg der tiergestützten Therapie auf das Individuum ankommt. Hediger weist zudem auf die



Hunde, Meerschweinchen, Kaninchen: Tiere können Hirnverletzte für die Therapie motivieren. Foto: iStockphoto

Herausforderungen in diesem Feld hin: «Randomisierte kontrollierte Studien zu machen, wie es in anderen Disziplinen üblich ist, ist schwierig – wer will schon in die Kontrollgruppe?» Die Forscherin sucht daher stets nach neuen Studiendesigns, wie zeitlich getrennte Versuchs- und Kontrollgruppen, damit keine Teilnehmenden auf die zu testende Therapie verzichten müssen.

Mit dem Schaf über die Hindernisse

Besonders grosses Potenzial sieht Hediger darin, dass Tiere Patienten für die Therapie motivieren. «Sie geben ihnen das Gefühl, Verantwortung zu übernehmen. Das ist sehr wichtig für Personen, die in ihrer Autonomie eingeschränkt sind. Da kommen auch mal ungewöhnlichere Tierarten zum Einsatz wie Schafe oder Hühner.» Etwa bei einem Schlaganfallpatienten, der dank Hindernisparcours-Training mit einem Schaf rasch seine Gangsicherheit zurückgewinnen konnte.

Unklar ist noch, wie sich solche Arbeit auf die Tiere auswirkt. Im Sinne des One-Health-Ansatzes, bei dem die Verknüpfung der Gesundheit von Mensch, Tier und Umwelt im Zentrum steht, interessiert sich Hediger auch für die wechselseitigen Effekte. Erste Projekte dazu laufen in Basel.

Klara Soukup ist freie Wissenschaftsjournalistin in Lausanne.

Ihr IQ sprengt das System

Superintelligente Kinder waren an Schweizer Hochschulen noch vor wenigen Jahren nicht unbedingt willkommen. Nun bemühen sich diese verstärkt um die Aufnahme junger Ausnahmetalente. Eine Erkundungstour.

Text Emiliano Feresin

Bereits im Alter von 14 Jahren begann Kathryn Hess ihr Studium an der University of Wisconsin-Madison in den USA. Das hat sie bis heute nicht bereut. Ihr IQ sei «hoch genug», meint Hess am Telefon scherzend, aktuell Professorin für Mathematik an der EPFL. «Die Universitäten in den USA sind sehr flexibel und zeigen grosses Interesse an begabten Studierenden», sagt sie. «Hätte ich damals in der Schweiz gelebt, wäre ich vielleicht einen anderen Weg gegangen.» Das musste etwa Maximilian Janisch tun, der einen IQ von über 149 hat. Sein Fall ging 2011 durch die Medien, als die ETH Zürich ihn nicht aufnahm, weil er mit 9 Jahren zu jung sei. Er studierte später im französischen Perpignan.



Maximilian Janisch, 19, seit 2022 Doktorand an der Universität Zürich

«Ich habe schon früh mit Zahlen gespielt. Mein Vater, ein pensionierter Mathematikprofessor, unterrichtete mich täglich, seit ich sechs Jahre alt war. Mit neun Jahren bestand ich die Maturaprüfung in Mathematik und wollte schnell vorankommen. Warum sollte ich es nicht an der Universität versuchen? Die ETH Zürich wollte mich

nicht aufnehmen, aber die Universität Zürich bot mir Privatunterricht bei Mathematiker Camillo De Lellis an – eine besondere Erfahrung. Damals sorgte mein Fall in den Medien für Aufregung, aber das war mir egal, ich mochte die Interviews sogar! **Ich bin sehr dankbar, dass mich die Universität Perpignan im Alter von zwölf Jahren aufgenommen hat.** Heute bieten die Hochschulen Programme für Schüler an, was grossartig ist, aber vielleicht sollte das System flexibler sein. Andere nehmen an Mathematikolympiaden teil, das macht Spass, ist aber nichts für mich, weil es eine andere Art Mathematik ist als das, was man später in der Forschung macht. Heute, als Forscher, möchte ich mehr Wert auf Qualität als auf Geschwindigkeit legen.»

«Auch heute noch halten es gewisse Hochschulen für unnötig, sich um hochbegabte Studierende zu bemühen, denn sie haben bereits einen guten Ruf», meint Regula Haag, Geschäftsführerin der Stiftung für hochbegabte Kinder in Zürich. «Andere haben erkannt, dass es wichtig ist, solche Talente zu rekrutieren, weil diese sonst in die USA oder nach Grossbritannien abwandern.» Im harten Wettbewerb um die klügsten Köpfe, die zu besseren Rankings und höheren Mitteln beitragen, zeigen inzwischen auch die Schweizer Universitäten ein wachsendes Interesse. Sie

lancieren etwa Initiativen, um Hochbegabte anzuziehen und zu halten. Alle kontaktierten Fachleute sind sich jedoch einig, dass noch Optimierungspotenzial besteht.

Als hochbegabt gilt ein Kind, das in einem oder mehreren Fächern intellektuell überdurchschnittliche Leistungen erbringt, was sich in der Regel mit einer Punktzahl von über 130 in einem IQ-Test niederschlägt. «Diese Kinder wollen tiefer in Themen eintauchen und schneller lernen», erklärt Haag. Es besteht deswegen das Risiko, dass ihnen langweilig wird, sie depressiv werden oder schlechte Leistungen erbringen. Deshalb kann es sinnvoll sein, dass sie Klassen überspringen und bereits als Teenager eine Hochschule besuchen.

In den letzten zehn Jahren haben die hiesigen Hochschulen damit begonnen, Programme für Maturitätsschulen anzubieten, die für solche Jugendlichen attraktiv sind. Die EPFL lancierte etwa den Euler Course, einen Mathematikurs für rund 30 überdurchschnittliche, aber nicht zwingend hochbegabte Schülerinnen und Schüler. Die Universitäten Zürich, Bern, Basel, Luzern und Genf bieten spezielle Programme namentlich in Natur- und Ingenieurwissenschaften, Technik und Mathematik. Oft erhalten die Jugendlichen die Möglichkeit, am jeweiligen Institut Credits zu erwerben und das erste Jahr eines Bachelor-Studiums zu absolvieren.



Christina Gut, 27, Masterstudentin an den Universitäten Basel und Luzern

«Als Kind wurde bei mir Hochbegabung diagnostiziert, aber das half mir in der Schule nicht viel. Von Mädchen wird erwartet, dass sie ruhig sind und nicht angeben. **Ich war laut und habe es gezeigt.** Ich vermute, dass sich meine Mitschüler durch mein Wissen angegriffen fühlten und einige der Lehrpersonen auch. Das wirkte sich auf mich

aus, an der Mittelschule liess meine Leistung nach. Es ist einfacher, eine Begabung in einem Fach wie Mathematik zu erkennen, meine Stärken liegen anderswo: beim Erkennen von Zusammenhängen, in der deutschen Sprache und im Schreiben. **Leider gab es für mich an der Mittelschule keine Angebote, mit denen ich meine Grenzen ausloten konnte.** Ich stillte meine Neugierde anderweitig, wurde eine begeisterte Leserin und verschlang am Wochenende 800 Seiten! An der Universität studierte ich Religion und Chemie, aber der organisatorische Teil überforderte mich, und ich begann an der Pädagogischen Hochschule Zug. Dort habe ich sehr gute Noten bekommen, Selbstvertrauen gewonnen, und jetzt bin ich wieder an der Universität.»

Es ist jedoch schwierig, begabte Jugendliche aus allen Gesellschaftsschichten zu erreichen. Bei der Hochbegabtenförderung sind Mädchen untervertreten. «Jungs sind eher wettbewerbsorientiert, Mädchen eher geneigt, sich anzupassen und ihre Freundschaften nicht zu verlieren, als anzugeben oder Klassen zu überspringen», erklärt Katarina Farkas, Begabungsforscherin an der Pädagogischen Hochschule Zug. Kathryn Hess von der EPFL weist darauf hin, dass die speziellen Programme eher Jugendliche aus dem akademischen Umfeld ansprechen, andere dagegen gar nicht auf die Idee kommen, diese zu belegen. Sie plädiert deshalb für ein vielfältiges Angebot und gezielte Sensibilisierungsprogramme.



Mathys Douma, 16,
zweites Bachelorjahr an der EPFL

«Ich war ein sehr neugieriges Kind und konnte schon vor dem Kindergarten lesen. In der Schule liebte ich Mathematik und das Lernen. Ich lernte schneller und tiefer als die anderen und übersprang bis zur siebten Klasse zwei Klassen. Bald werde ich mein Bachelorstudium beginnen, direkt im zweiten Jahr. Dank des Euler-Kurses an

der EPFL habe ich bereits die Prüfungen für das erste Jahr absolviert – in den letzten sechs Jahren bin ich einmal pro Woche für fünf Stunden zur EPFL gependelt. Die Dozierenden sind grossartig, sie unterrichten eine coole Form der Mathematik, die meine mathematische Intuition fördert. Ich habe auch an der Schweizer Mathematikolympiade teilgenommen, an der ich zweimal Gold und einmal Silber gewonnen habe. Ich mache mir keine Sorgen, das Studium mit 16 Jahren zu beginnen: **Ich kenne den Ort und fühle mich wohl bei älteren Studierenden.** Ich kann mich besser mit ihnen unterhalten, wir haben ähnliche Interessen! Ein Mentoring könnte gut für Hochbegabte sein, die sich unsicher fühlen.»

Für ein Studium an einer Schweizer Universität müssen Hochbegabte wie alle anderen die Zulassungskriterien erfüllen. Zwar gibt es in der Regel keine Altersbeschränkung, die Maturität ist jedoch Voraussetzung. «Wir achten sehr auf Gleichbehandlung, was auch richtig ist, aber in Ausnahmefällen könnten wir die Regeln grosszügiger auslegen», findet Hess.

Intelligenz ist das eine. Doch sind Kinder einem erwachsenen Umfeld sozial und psychologisch gewachsen? «Jeder Fall ist anders, aber wenn das Kind von der Schule unterstützt wird und Selbstständigkeit zeigt, ist das Alter kein Problem», ist Haag überzeugt. Eine Studie der US-Universität Vanderbilt aus dem Jahr 2021 untersuchte die psychologischen und sozialen Auswirkungen der beschleunigten Schullaufbahn über einen Zeitraum von 35 Jahren und fand keinen Grund zur Besorgnis. In der Regel erbringen die Hochbegabten gute Leistungen und schneiden sozial ähnlich gut ab wie andere Studierende. Die älteren Studierenden scheinen keine Probleme mit jüngeren Hochbegabten zu haben: «Die wenigen Leute, die wussten, dass ich jünger war, fanden das cool», erinnert sich auch Hess.

Trotzdem sollte man der Situation dieser Jugendlichen besondere Aufmerksamkeit schenken, findet Farkas: «Wenn das Kind Mühe hat, müssen wir es professionell unterstützen.» Sie schlägt vor, den Betroffenen eine Mentorin zur Seite zu stellen. Haag erinnert sich an «sehr begabte Studierende, die an der ETH Zürich bei der ersten Prüfung durchfielen, weil sie nicht wussten, wie man lernt – einfach, weil sie zuvor nie lernen mussten!» Viele wären zudem glücklicher, wenn sie selbst auf Tertiärniveau Basislektionen überspringen könnten, weil auch diese für sie langweilig sind. Einige US-Universitäten bieten deswegen massgeschneiderte Kurse und frühe Forschungsmöglichkeiten an. Doch im Schweizer Bologna-System sind Studiengänge standardisiert und schwierig abzuändern.

Bisher werden hierzulande Coaching und Ad-hoc-Kurse nur nach dem Bachelor angeboten. «Auf der Suche nach dem nächsten Nobelpreis konzentrieren sich die Hochschulen auf die Förderung ab Doktoratsstufe», erklärt Claus Beisbart, Koordinator des Begabtenförderungsprogramms an der Universität Bern. «Wir sollten uns jedoch früher Gedanken dazu machen.» Eine grosse Hürde sind Ressourcen und Personal. Regula Haag ist überzeugt, dass bereits kleine Veränderungen helfen könnten: Sie schlägt vor, auf Hochbegabtenförderung spezialisierte Mentoren



Evelyn Ebnetter, 17,
11. Klasse des Gymnasiums Oberwil

«Ich liebe Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften, sie liegen mir einfach. Meine Lehrpersonen schlugen mir vor, **Klassen zu überspringen, aber ich wollte in meiner Altersgruppe bleiben und meine Freundschaften nicht verlieren.** Mir war nie langweilig, ich bekam Zusatzaufgaben, und ab der 6. Klasse nahm ich

an Mathematikwettbewerben teil. In der Schule haben mich alle unterstützt, und ich wurde nie anders behandelt als die Jungen. Die Schule hat mir sogar einen Lehrer zugewiesen, damit ich mich auf die Mathematikolympiade vorbereiten konnte. Ich mache bei der ETH Math Youth Academy und bei der Junior Euler Society mit, was mir auch bei der Vorbereitung auf die Wettbewerbe hilft. Ich habe eine Bronzemedaille bei der Mitteleuropäischen Mathematikolympiade und zweimal eine lobende Erwähnung bei der European Girls' Mathematical Olympiad erhalten. Diese Wettbewerbe machen mir wirklich Spass. Ich liebe es, Teil eines Teams zu sein. Später werde ich wahrscheinlich Informatik an der ETH Zürich studieren, ich bin aber noch offen für anderes.»

in die Leitungsgremien von Hochschulen aufzunehmen. Talente zu fördern, ist nicht nur gewinnbringend für die Betroffenen, sondern auch für die Hochschulen und die Gesellschaft. «Begabte Menschen können zur Lösung der Probleme unserer Gesellschaft beitragen, wenn wir sie nicht vernachlässigen und ihre Entwicklung unterstützen», ist Farkas überzeugt.

Emiliano Feresin ist Wissenschaftsjournalist in Genf.



Für alle Immen auf der ganzen Welt

Peter Neumann ist Leiter des Instituts für Bienengesundheit am Department of Clinical Research and **Veterinary Public Health an der Universität Bern**. Er studierte molekulare Ökologie an der Freien Universität Berlin mit der **Vertiefung Genetik von Bienen**.

Anhand von genetischen Markern der Riesenhonigbienen in Asien konnte sein Team etwa beweisen, dass Völker und Töchtervölker nach einem Jahr Wanderschaft wieder an die gleichen Niststätten zurückkehren. Neumann ist zudem **Präsident des Coloss-Netzwerks (prevention of honey bee colony losses)**, einer internationalen gemeinnützigen Vereinigung, die sich für die Verbesserung des Wohlergehens der Bienen auf globaler Ebene einsetzt.

Der mit den Bienen tanzt

Einst belächelt, heute hochgeschätzt: Peter Neumann ist der erste Honigbienenprofessor der Schweiz. Warum er sich weltweit für die Gesundheit der bedrohten Insekten einsetzt und sich in ein Volk in Brasilien verliebt hat.

Text Katharina Rilling Foto Fabian Hugo

«Die Bienen haben mich von grausamen Schmerzen befreit!» Peter Neumann sitzt auf dem Teppichboden vor seinem Motelbett. Die Vorhänge sind zugezogen, die Koffer gefüllt. Auspacken lohnt sich nicht, denn der erste Honigbienenprofessor der Schweiz ist für eine Forschungsreise ausgeflogen: gestern noch in Bern, heute in Maryland USA, morgen im Bundesstaat Georgia, danach geht es nach Alabama, Mississippi und weiter um den Globus nach Thailand. Fleissig wie ein Bienehen, möchte man meinen. «Aber Bienen sind faul! Die schlafen viel. Einfach besser organisiert als ich.» Herzhaftes Lachen.

Wach erzählt Neumann per Videotelefonie von vergangenen Reisen: «In der afrikanischen Dornstrauchsavanne Kalahari beobachtete ich ein Bienenvolk, bis meine Zahnfüllung herausfiel und sich die Stelle entzündete. Der Dorfarzt wollte mich ohne Betäubung mit einem Bohrer behandeln.» Da sei er zurück zu den Bienen geflüchtet: Mit dem Stockmeissel hatte er Propolis aus dem Bienenstock gebrochen, eine Kugel aus dem Kittharz geformt und sie in das Loch gestopft. Propolis ist von den Bienen verarbeitetes Baumharz. Nach einer Nacht schon hätten die Schmerzen nachgelassen, beteuert Neumann, da der Stoff – wie auch Honig – entzündungshemmend sei. «Ich bin kein mutiger Held!» Wieder herzhaftes Lachen. Schmerzempfindlich aber auch nicht: Tausende Male schon ist der Forscher gestochen worden. Da er mit über zwei Metern überdurchschnittlich gross ist, muss er die kurzen Ärmel und Hosenbeine der Imkeranzüge oft mit Gaffa-Tape abdichten, vor allem auf dem afrikanischen Kontinent, wo die Tiere aggressiver sind. «Trotzdem schaffen es immer ein paar Tiere unter den Stoff und nageln dich.» Danach überziehen gerne mal dreissig Stiche Gesicht, Handgelenke und Fussknöchel wie weiche Luftkissen. «Das gehört dazu», sagt Neumann. Irgendwann gewöhnt sich der Körper an das Gift. «Inzwischen sehe ich nach so einem Einsatz nicht mehr aus wie ein Zombie. Dann sind nur noch Punkte zu sehen.»

Schon als Berliner Stadtkind liebte Peter Neumann es, die Zeit mit Insekten zu verbringen, etwa auf dem Asphalt zu liegen und Ameisen mit Glace zu füttern. Er beobachtete, wie sich die sozialen Krabbler gegenseitig halfen. Er versuchte Bienenschwärme durchzuzählen und war fasziniert davon, wie Wespen Lappen aus Frühstücksschinken säbelten. Der Junge wollte verstehen: Wie schafften es scheinbar dumme Tiere, sich derart clever zu organisieren? Und am Ende gemeinsam gute Entscheidungen zu treffen?

Und so haben die Bienen Neumann zwar in der Kalahari einen guten Dienst erwiesen, eigentlich ist es aber er, der sich ihrer Gesundheit verschrieben hat. Als Leiter des Instituts für Bienengesundheit an der Universität Bern und als Präsident des Netzwerks Coloss, bei dem rund 1900 Kolleginnen und Kollegen aus 114 Ländern Mitglied sind, forscht er weltweit zu den Ursachen des Bienensterbens. Auf seiner Mission arbeitete und lebte Neumann schon auf allen Kontinenten mit Bienen zusammen – ausser in arktischen Gefilden, wo es keine gibt. «Polarbären und Honigbienen haben aber etwas gemeinsam. Sie sind niedlich. Die Leute machen sich ein bisschen Sorgen, wenn sie verhungern.»

Vor rund dreissig Jahren sei er für sein Thema noch ausgelacht worden. Wie kann man mit einem Schwachsinn wie Bienengesundheit Geld verdienen, hiess es. Das habe sich gründlich geändert. Kein Wunder: Den Bienen, den Insekten überhaupt, geht es so schlecht wie nie zuvor. Und: Wir brauchen sie. Die Wertigkeit anderer Lebewesen am Nutzen zu messen, den sie uns bringen, das sei zwar Irrsinn. «Aber

uns muss bewusst sein, dass die Insekten für uns wichtig sind und wir sie schützen sollten.» Das berühmte Einstein-Zitat sei zwar wohl eher von Imkern erfunden worden – «Wenn die Biene einmal von der Erde verschwindet, hat der Mensch nur noch vier Jahre zu leben» – und es stimme so auch nicht. Aber Bestäuber seien für eine günstige und gesunde Ernährung entscheidend. Laut Neumann hängen rund ein Drittel unserer Lebensmittel von ihnen ab.

Gruseliges Massensterben

«Kristallklare Daten zeigen, dass wir zu hohe Völkerverluste haben. Zehn Prozent Verlust im Jahr sind für hiesige Imker normal. 20 bis 30 Prozent nicht. Ich kenne viele Fälle, bei denen sogar alles wegstirbt.» Nahezu alle gehaltenen Honigbienen hierzulande sind chronisch krank – von der virenlastigen Varroamilbe befallen. Mit Medikamenten lassen sie sich einigermaßen behandeln. Die meisten Völker auf der Erde, rund 90 Prozent, sind aber wild. «Da sehe ich das grössere Problem, weil wir keine Kontrolle haben. Viele der Bienenarten sind vom Aussterben bedroht. In der Geschichte des Lebens gab es immer wieder

Faunenschnitte, bei denen rund 90 Prozent der Arten verschwanden. Die Insekten waren davon stets ausgenommen. Sie sind taff. Jetzt sterben sie zum ersten Mal massenhaft aus. Und wir kennen die Gründe nicht. Gruselig.»

Ein paar Hauptverdächtige gibt es aber: eingeschleppte Krankmacher wie die Varroamilbe, schwindende Lebensräume, Pestizide, Klimawandel. Ein Spezialgebiet Neumanns ist der Kleine Beutenkäfer, der durch den globalen Handel aus dem südlichen Afrika auf andere Kontinente eingeschleppt wurde. Als Parasit

ernährt er sich von Honig, Pollen, Bienenbrut und lässt sich sogar von Honigbienen direkt füttern. Auch um den Käfer weiter zu erforschen, ist Neumann jetzt in den USA unterwegs. Sein Projekt untersucht, inwiefern sich Paarung und Vermehrung invasiver Insektenarten an neue Verbreitungsgebiete anpassen. «Eingeschleppte Arten sind ein Hauptproblem. Sie können massive Schäden verursachen und sich explosionsartig vermehren.» Erste Ergebnisse zeigen klar, dass sich die Käfer grundsätzlich mehrfach verpaaren, was ein möglicher Faktor für die erfolgreiche Etablierung in neuen Gebieten ist.

Es gibt aber auch Hoffnungsschimmer. So konnte Neumann zeigen, dass Viren von menschengehaltenen Bienen weniger schädlich für Wildbienen sind als bisher angenommen. In Brasilien und in Afrika seien die Bienen zudem robust und kämen mit der Varroamilbe und schlechten Imkern klar. «Ich habe mich in Brasilien in ein gesundes Bienenvolk verliebt, wie aus dem Bilderbuch. Wenn wir sie verstehen, haben wir viel gewonnen.» Er lese Völker analytisch von vorne bis hinten. Was passiert am Eingang? Ist Brut da? Ist das Nest löchrig?

Wie eine Biene auf einer Wiese schwirrt Neumann jetzt von einem köstlichen Fakt zum anderen, bis der Kopf brummt: Bienen wechseln sich beim Heizen ab. Bienen haben Begabungen und Vorlieben. Bienen kommunizieren durch Duft, Tänze und Fühlerklöpfzeichen. Bienen können zählen, und Bienen haben ein Verständnis von Null. Leidenschaftlich fuchteln auch mal die Hände beim Erzählen mit. «Ja, ich bin ein Hektiker», räumt er ein. Das funktioniere auf dem Feld so natürlich nicht. «Aber die Bienen machen mich ruhig. Da heisst es: Om. Andere machen die Räucherkerze an, bei mir ist es der Smoker.»

Katharina Rilling ist freie Journalistin in Zürich.

«Inzwischen sehe ich nach einem Einsatz nicht mehr aus wie ein Zombie. Es sind nur noch Punkte zu sehen.»

Wider die falschen Dilemmata

«Die richtige Einstellung dem Geld gegenüber ist die einer beehrlichen Verachtung.» (Henry Miller)

Dem Fokusthema dieser Nummer begegne ich gerne mit dem Zitat von Henry Miller. Damit will ich vor allem verhindern, dass in mir falsche Dichotomien wachsen. Die Pandemie als einziger grosser PCR-Test für unsere Gesellschaft hat deutlich aufgezeigt, wie sehr wir gerne die

Welt mit falschen Dichotomien erklären wollen. Zu oft haben uns die Politik, aber auch teilweise die Wissenschaft bloss zwei Optionen als einzige mögliche Handlungsweisen präsentiert. Alternativen wurden kaum mehr berücksichtigt und geprüft. Diese sehr ungünstigen Entwicklungen dominieren derzeit auch die Diskussion zu weiteren grossen gesellschaftlichen Fragen wie Klima, Nachhaltigkeit, Energie und Biodiversität sowie Neutralität und Friedenssicherung.



Foto: zVg

Marcel Tanner ist Präsident des Verbunds der Akademien der Wissenschaften Schweiz A+.

Komplexe Systeme können nicht verstanden und vereinfacht werden, indem nur zwei Positionen entwickelt oder suggeriert werden. Kritisches Reflektieren sowie das breite Spektrum von Perspektiven und damit alternativen Handlungs-

optionen werden dadurch eingeschränkt. Schliesslich und noch entscheidender: Wissenschaftliches Vorgehen kann nie und darf auch nicht in falschen Dichotomien und damit falschen Dilemmata enden. Immer wieder gilt es festzuhalten, dass wissenschaftliches Arbeiten aufzeigt, was wir zu einem bestimmten Zeitpunkt wissen und nicht wissen. Die daraus abgeleitete Wahrscheinlichkeit bildet die Basis für Handlungsoptionen, aber niemals für lediglich zwei mögliche Handlungsweisen, obwohl das zu oft von Politik und Gesellschaft gefordert wird.

Indem wir falsche Dichotomien und Dilemmata herausfordern, reflektieren wir komplexe Systeme sowie die uns zur Verfügung stehenden Lösungen und Handlungsoptionen. Nur so können wir den iterativen Dialog zwischen Wissenschaft, Politik und Gesellschaft befruchten.

So schliesst sich auch der Kreis zu dieser Nummer: Stimuliert durch die Einblicke und gewonnenen Ausblicke werden wir nicht dem falschen, unsere Gesellschaften zu oft dominierenden Dilemma von weise und grossartig oder mächtig und reich verfallen.

Fortschritt und Nachhaltigkeit gehören zusammen

Foto: Steven Kamemar / Unsplash



Das Nationale Forschungsprogramm «Nachhaltige Wirtschaft» (NFP 73) ist nach fünfjähriger Forschung zu Ende gegangen. Um den Übergang zu einer nachhaltigen Wirtschaft in der Schweiz zu beschleunigen, stellt es Empfehlungen für den privaten und den öffentlichen Sektor sowie für politische Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger vor. Die Ergebnisse der 29 Projekte betreffen verschiedene Bereiche: Nahrungsmittelproduktion, Kreislaufwirtschaft, Wohnen und Bauen, Waldökosysteme. Zur Verwirklichung einer nachhaltigen Wirtschaft und zur Förderung innovativer Technologien bedarf es eines Mentalitätswandels in Gesellschaft und Industrie. Auch die Politik muss diesen Prozess unterstützen, indem sie Austausch und Transparenz fördert, insbesondere bezüglich CO₂-Ausstoss und Ressourcenverbrauch. Regulatorische, wirtschaftliche und verhaltensbezogene Massnahmen sind erforderlich.

Mitreden in National- und Ständerat

Foto: Rob Lewis / Parlamentsdienste



Wie gelangen wissenschaftliche Erkenntnisse ins Parlament? Forschende in der Schweiz haben auf diese Frage oft keine klare Antwort. Eine neue Publikation der Jungen Akademie Schweiz zeigt auf, wann Forschende zu parlamentarischen Anhörungen eingeladen werden. Das Buch liefert ausserdem praktische Tipps, Einblicke und Hintergrundinformationen zum Gesetzgebungsverfahren. Damit haben Forschende eine Orientierungshilfe zur Hand, mit der sie ihr Wissen erfolgreich in die parlamentarische Beratung einbringen können.

tinyurl.com/wer-wird-gehoert

Nachhaltigkeitsagenda braucht Geld

Erstmalig und noch bis zum 24. September 2023 läuft die öffentliche Vernehmlassung zur Botschaft über die Förderung von Bildung, Forschung und Innovation (BFI-Botschaft) 2025–2028. Für die Akademien der Wissenschaften Schweiz steht in dieser Planungsperiode ihr Beitrag zu den Nachhaltigkeitszielen der Uno-Agenda 2030 im Vordergrund. Damit sie diese erreichen können, muss der Grundauftrag weiterhin finanziell gesichert sein, nämlich die Stärkung der Zusammenarbeit der wissenschaftlichen Disziplinen und die Verankerung der Wissenschaft in der Gesellschaft. «Damit schaffen wir die Grundlage dafür, noch mehr Drittmittel einwerfen zu können», erklärt Marcel Tanner, Präsident der Akademien. «So können wir einerseits unsere Arbeit weiterführen und andererseits neu aufkommende Projekte bewältigen.» go.akademien-schweiz.ch/2025-2028

Fortschritt durch Abbau gefährdet

Der SNF hat zur BFI-Botschaft 2025–2028 Stellung genommen, die ein nominales Wachstum der SNF-Mittel von 2,7 Prozent vorsieht. «Der Vorschlag des Bundesrats bedeutet, dass der SNF Leistungen abbauen muss. Um Innovation zu sichern und neue Herausforderungen anzugehen, braucht es für die Forschungsförderung ein reales Wachstum von 3,5 Prozent pro Jahr», erklärt die Geschäftsleitung des SNF. Durch die Nicht-Assoziation beim Forschungsprogramm Horizon Europe ist es für die Schweiz bereits schwieriger geworden, ihren Spitzenplatz in der Forschung zu halten. Investiert sie zu wenig Mittel in Forschung und Innovation, gefährdet sie den gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Fortschritt zusätzlich. Ein adäquates reales Wachstum für den BFI-Bereich ist deshalb unerlässlich.

Übergangsmassnahmen verlängert

Seit mehr als zwei Jahren gilt die Schweiz als Drittland, das nicht mit dem Forschungsprogramm Horizon Europe assoziiert ist. Da dieser Status nach wie vor gilt, lanciert der SNF im Auftrag des Bundes auch 2023 drei Übergangsmassnahmen: SNSF Advanced Grants, SNSF Swiss Postdoctoral Fellowships und SNSF Consolidator Grants. Diese Massnahmen richten sich an Forschende, die sich dieses Jahr für einen ERC Advanced Grant, einen ERC Consolidator Grant oder ein Einzelstipendium Marie Skłodowska-Curie (MSCA) bewerben wollten.

Offene Daten für eine offene Wissenschaft

Foto: SNF / Adrian Moser



Im Juli 2021 haben die Hauptakteure der wissenschaftlichen Forschung in der Schweiz – der SNF, die Akademien der Wissenschaften, der ETH-Bereich und Swissuniversities – die Nationale Strategie für Open Research Data (ORD) veröffentlicht. Im Strategy Council führen die Führungskräfte der Organisationen die Zusammenarbeit nun weiter. Das Ziel: die ambitionierte Idee umzusetzen und eine gemeinsame Vision für die Zukunft von ORD in der Schweiz zu entwickeln. Dieses Jahr übernimmt SNF-Direktorin Angelika Kalt das Vizepräsidium.

«Die Konstellation ist eine grosse Chance für alle Beteiligten», erklärt sie. «Die Wissenschaft steht vor tiefgreifenden Veränderungen, man denke an die Möglichkeiten der KI oder an die Herausforderungen des Klimawandels. Gemeinsam können wir die ORD-Massnahmen besser auf die Bedürfnisse der Forschungsgemeinschaften abstimmen und Fortschritte in Richtung einer verantwortungsvolleren Ressourcenverteilung und eines internationalen Ansatzes erzielen.»

Ein wichtiger Aspekt von Open Science sind offene Daten. Deswegen sind sie seit einigen Jahren ein prioritäres Ziel des SNF. «ORD fördert Transparenz und Zusammenarbeit, aber auch eine bessere Ausrichtung auf die Wissenschaft von morgen», erklärt Angelika Kalt. «Sie erleichtert beispielsweise Interdisziplinarität und ermöglicht es, die wissenschaftlichen Silos zu verlassen, um kreativ, vielfältig und effizient zu forschen.» Das erste grosse Projekt des Strategy Council ist die Entwicklung eines ORD-Ökosystems in den Bereichen Gesundheit und Biowissenschaften. Konkrete Vorschläge werden Anfang 2024 vorgelegt.

Neue SNF-Statuten für die Zukunft

Ab 2024 regeln neue Statuten die Arbeit des SNF. Eine angepasste, flexible Struktur schafft die Voraussetzungen, um aktuelle und zukünftige Herausforderungen im Bereich der Forschung und ihrer Förderung anzugehen. Die neuen Statuten klären die Zuständigkeiten der beiden Räte: Der Stiftungsrat wird weiterhin die Gesamtleitung des SNF wahrnehmen, und der Forschungsrat wird sich verstärkt in die Erarbeitung der Förderinstrumente und -massnahmen einbringen. Beide Räte werden in Zukunft kleiner sein. Die Einzelheiten zu Aufbau und Kompetenzen sind noch in Erarbeitung. Zudem wird ein neues Gremium mit beratender Funktion gebildet: die Delegiertenversammlung. Diese vertritt die Interessen der Hochschulen und der wissenschaftlichen Organisationen. Auf Basis der neuen Statuten kann der SNF seine Arbeit effizient weiterführen und die Schweizer Spitzenforschung und ihre internationale Vernetzung fördern.

Ausgezeichnete Dissertationen

Foto: zVg



Ariadni Afroditi Georgatou (Geowissenschaften, im Bild), Simone Bavera (Astronomie), Joël Bloch (Biologie) und Michelle Frei (Chemie) sind die Preisträgerinnen und Preisträger des Prix Schläfi 2023. Die Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT) zeichnet mit dem Preis die vier wichtigsten Dissertationen von jungen Forschenden an Schweizer Hochschulen aus. Simone Bavera untersucht die Eigenschaften verschmelzender schwarzer Löcher. Joël Bloch schrieb seine Dissertation zu speziellen Zuckermolekülen. Michelle Frei hat eine neue Methode entwickelt, um Prozesse in lebenden Zellen sichtbar zu machen. Ariadni Afroditi Georgatou hat mit ihrer Arbeit zu magmatischen Sulfidmineralien Pionierarbeit im Grenzgebiet zwischen Vulkanologie und Mineralogie geleistet. scnat.ch/prixschlaeffi

Horizonte 137, S. 2: «Wir sind auch Maschine»

Heliozentrismus als Dogma

Judith Hochstrasser schreibt im Editorial: «Die Sonne dreht sich nicht um die Erde. Nein, die Erde dreht sich um die Sonne. Ergo, der Mensch ist nicht das Zentrum des Universums.» Ist es notwendig, dass eine Wahrheit stets die andere verdrängt, wie eine Religion die andere? Vor Galilei wusste Kopernikus, dass sein heliozentrisches System die Bewegung der Planeten besser erklärte. Dennoch musste die Beobachtung der Planeten weiterhin geozentrisch bleiben. Die Kreisbahn der Erde um die Sonne, die nur das Zentrum ihres eigenen Systems ist, sollte nicht mit der Rotation der Erde in Bezug auf das Universum verwechselt werden. Diese Rotation entspricht – von der Erde oder von einem Punkt im Universum aus beobachtet – nicht zwei verschiedenen Wahrheiten, sondern zwei verschiedenen Sichtweisen auf dieselbe Realität. Der Fehler war, den Geozentrismus zum Dogma zu erklären. Machen wir nun nicht denselben Fehler mit dem Heliozentrismus?

Alain Barcat, Chalonnes-sur-Loire (F), bildender Künstler

Und die Intelligenz der Natur?

Künstliche Intelligenz ist eine grosse Herausforderung für unsere Gesellschaft. Ich bedauere aber, dass das Editorial zum Schluss kommt, KI sei die einzige andere Form von Intelligenz ausserhalb der menschlichen Intelligenz. Vergessen geht dabei eine Intelligenz, die uns schon immer umgab, die den Menschen im Laufe der Millionen Jahre auf diesem Planeten entstehen liess: die Intelligenz der Natur. Wie kommt es, dass wir mit all unserem Wissen über die Welt noch immer diese anthropozentrische Sicht haben?

Julien Maillard, Lausanne, Forscher

Schreiben Sie uns Ihre Meinung

Sie möchten auf einen Artikel reagieren? Wir freuen uns über Ihren Kommentar auf Twitter/X @horizonte_de oder Ihre Mail an redaktion@horizonte-magazin.ch – Leserbriefe bis spätestens am 30. September 2023.



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.

Haben Sie eine neue Adresse oder Fragen zu Ihrem Abonnement? Dann wenden Sie sich an abo@horizonte-magazin.ch

Hier abonnieren Sie die Printausgabe:
horizonte-magazin.ch/abo



Horizonte

Das Schweizer Forschungsmagazin erscheint viermal jährlich auf Deutsch und Französisch. Die Online-Ausgabe erscheint auch auf Englisch. 36. Jahrgang, Nr. 138, September 2023

horizonte-magazin.ch
redaktion@horizonte-magazin.ch

Das Abonnement ist kostenlos:

horizonte-magazin.ch/abo

Bei Fragen und Änderungswünschen zu Ihrem Abonnement:
abo@horizonte-magazin.ch

Redaktion

Florian Fisch (ff),
Co-Leitung
Judith Hochstrasser (jho),
Co-Leitung
Astrid Tomczak-Plewka (ato)
Elise Frioud (ef)
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

Akademien der Wissenschaften Schweiz

Haus der Akademien
Laupenstrasse 7
CH-3001 Bern
Tel. 031 306 92 20
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 über 5600 Projekte im Gang, an denen knapp 20 000 Forschende beteiligt sind. Damit ist der SNF der wichtigste Forschungsförderer der Schweiz.

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. Sie haben Zugang zur Expertise von rund 100 000 Forschenden.

Druck und Litho

Stämpfli AG, Bern und Zürich

klimaneutral gedruckt,
myclimate.org

Papier: Lessebo Rough
White, Magno Star

Typografie: Caslon Doric,
Sole Serif

Adressmanagement

Montalux AG, Bödingen FR

Auflage

30 200 deutsch,
13 800 französisch

© alle Rechte vorbehalten. Nachdruck der Texte möglich: Sie sind Creative Commons BY-NC-ND lizenziert. 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».

Soll Robotern Moral eingebaut werden?

JA Ich zucke jedes Mal zusammen, wenn ich höre, dass Ethik in technologische Werkzeuge integriert werden soll. Denn die Ethik ist zum Glück schon drin. Bei der Entwicklung arbeiten die Teams mit vielfältigen Evaluationen, wägen Interessen ab und haben Strategien – das sind alles kleine normative Kreuzungen, an denen ethische Entscheidungen getroffen werden, die auf Zielen und Werten basieren.

Die Herausforderung besteht also nicht darin, Ethik von aussen hineinzubringen, sondern die Fülle der bereits getroffenen ethischen Entscheidungen sichtbar zu machen. Ein Kernpunkt betrifft dabei das gewünschte

Verhalten des Roboters. Denn wenn er mit Menschen in Kontakt kommt, muss er sich an Regeln halten können. Hier sind drei Herausforderungen zu bewältigen: Erstens muss über grundlegende ethische Ansätze entschieden werden, etwa zwischen Folgenethik oder Pflichtenethik. Darauf basierend gilt es zweitens, allgemein akzeptierte Regeln und Methoden für die Entscheidungsfindung festzulegen. Und letztlich muss sichergestellt werden, dass der Roboter technisch in der Lage ist, diese Regeln einzuhalten.

Beim Einsatz von Robotern in Konfliktgebieten ist es etwa zwingend, dass sie die Prinzipien des Kriegsvölkerrechts einhalten. Ein Konsens auf dem Papier ist jedoch keine Garantie für die technische Machbarkeit. Wie wird garantiert, dass der Roboter die relevanten Konsequenzen erkennt, sie bewerten kann und entsprechend handelt?

Diese Fragen sind ethische Herausforderungen, es geht etwa um die Wahl der anzuwendenden Werte, die aber

auch eine technische Komponente haben: denn schliesslich soll immer weiter optimiert werden, was technisch machbar ist. Diese Fragen sollten nicht mit der Einteilung in richtig und falsch angegangen werden, sondern mit dem Ziel, am Ende das Verhalten des Roboters erklärbar und vorhersehbar zu machen – auf der Grundlage von dokumentierten und begründeten normativen Entscheidungen. Diese Fragen rufen also nach einer engeren Zusammenarbeit zwischen Forschenden aus Ethik und Robotik.



Foto: zVg

«Die Ethik ist in technologischen Werkzeugen zum Glück schon drin.»

Johan Rochel ist Postdoc an der EPFL, Autor des Buches «Les robots parmi nous – pour une éthique des machines» und Mitgründer des Labors für Innovationsethik ethix.

NEIN «Ein Roboter darf kein menschliches Wesen verletzen oder durch Untätigkeit zulassen, dass einem menschlichen Wesen Schaden zugefügt wird.» Der Science-Fiction-Autor Isaac Asimov lotete in seinen Geschichten aus, ob solche Gesetze ausreichen würden, um Robotern vorzugeben, wie sie sich zu verhalten haben. Immer wieder kam er zu dem Schluss, dass Moral zu komplex ist, um sie in Regeln zu fassen.

Aber können Algorithmen und mit ihnen die Roboter Moral nicht aus grossen Datenmengen lernen? So, wie sie lernen können, Bilder zu klassifizieren und Fragen zu beantworten? In der Tat haben manche Algorithmen inzwischen gelernt, dass es zum Beispiel in Ordnung ist, Zeit totzuschlagen, Menschen aber nicht. Doch wie alle Systeme, die aus grossen Datenbeständen lernen, verstehen sie nicht wirklich, worum es geht. Unsere Wörter und Sätze ergeben nun einmal nur Sinn, wenn sie mit einer gehörigen Portion gesundem Menschenverstand unterfüttert werden.

Es ist ein wenig wie bei dem sagenhaften König Midas, der sich gewünscht hatte, alles, was er berühre, möge sich in Gold verwandeln. Natürlich hatte er nicht gemeint, dass sich auch sein Essen verwandeln sollte. Den Menschen beim Wort zu nehmen, war bei den Göttern vermutlich eine Neckerei, ist bei Algorithmen aber ein grundlegendes Problem. Sie lösen die ihnen gestellten Aufgaben nicht unbedingt so, wie wir uns dies wünschen würden.

Nur strenge menschliche Aufsicht und intensives Nachtrainieren hält sie in der Spur, was aber nur ein schwacher Ersatz für moralisches Empfinden sein kann.

Die Moral, die Algorithmen lernen können, wird den Ergebnissen der grossen Sprachmodelle ähneln: Sie klingen gut, sind aber oft banal und manchmal völlig daneben. Solche Roboter werden uns noch stärker darüber täuschen, womit wir es eigentlich zu tun haben: mit technischen Werkzeugen, die die Welt nicht so verstehen wie wir. Künstliche Moral dürfte vor allem die Verwirrung in der Welt mehren und uns im schlimmsten Fall dazu verführen, diese Systeme in Bereichen einzusetzen, in denen sie überfordert sind und früher oder später Unheil anrichten.



Foto: zVg

«Künstliche Moral dürfte vor allem die Verwirrung in der Welt mehren.»

Manuela Lenzen ist Wissenschaftsjournalistin in Deutschland und Autorin des Buches «Künstliche Intelligenz: Fakten, Chancen, Risiken» und wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Bielefeld.

«Das Rennen um die beste digitale Währung hat eine geopolitische Komponente. Es geht auch darum, welche die Weltwirtschaft in Zukunft dominieren wird.»