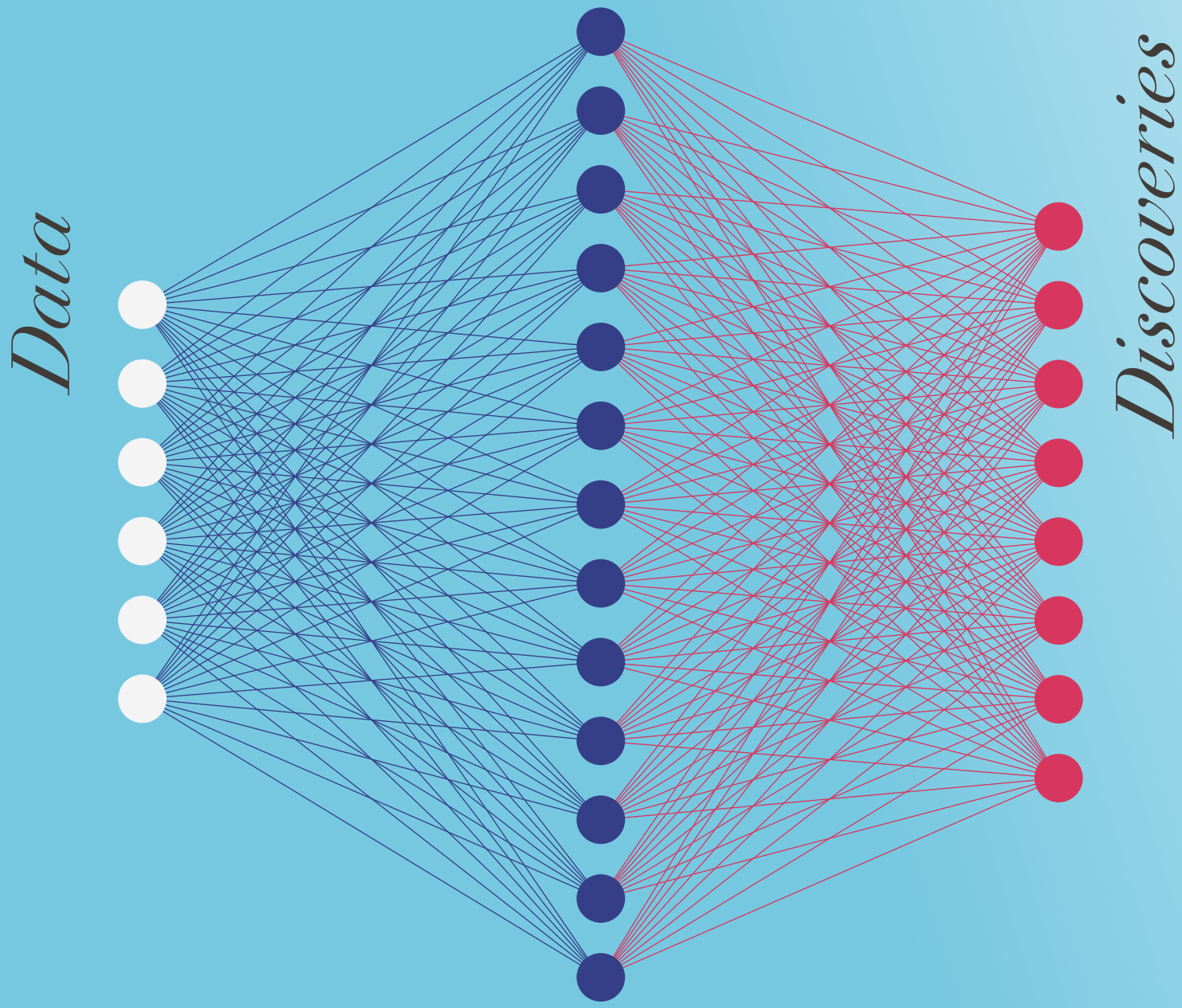


Wissenschaft aus der Maschine 8

Der kleinste Datenspeicher 34

Liebe im Stresstest 38

Höhentraining unter Placeboverdacht 44

Die schönsten Fotos der Schweizer Forschung Seite 25

Dem Lockruf der Maschine nicht erliegen

Künstliche Intelligenz kann beim Pokern gewinnen, einen Sportbericht verfassen, ein künstlerisches Werk schaffen. Auch in die Forschung stürmt sie mit Riesenschritten: Sie hilft Linguistinnen bei der Analyse eines Textkorpus, Physikern auf der Suche nach neuen Materialien und Biochemikerinnen bei der schnellen Durchführung Hunderter von Experimenten. Erste Prototypen wagen sich noch weiter vor: Ausgehend von Beobachtungen formulieren sie völlig neue Hypothesen.

Diese neuen Ansätze zwingen uns, die Art zu überdenken, wie wir Forschung betreiben: Es wird schwierig werden, auf Werkzeuge zu verzichten, mit denen wir schnell zu noch mehr Ergebnissen kommen. Umgekehrt ist es gefährlich, unser Denken demjenigen der Maschine anzupassen: Wir würden den Wettstreit zwangsläufig verlieren.

Die Fortschritte werfen sehr konkrete erkenntnistheoretische Fragen auf. Gewisse durch Computer erzeugte mathematische Beweise sind viel zu lang, um je von einem Menschen gelesen – und damit verifiziert und verstanden – zu werden. Ein Algorithmus folgt Optimierungsschritten, die im Prinzip relativ einfach, in der Praxis jedoch extrem komplex sind. Am Ende ist es praktisch unmöglich, die «Überlegungen» nachzuvollziehen. Diese fehlende Transparenz erfordert ein blindes Vertrauen in die Maschine. Aber was ist mit Ergebnissen, die wir nicht verstehen? Unweigerlich stellt sich die Frage: Definiert sich Wissenschaft als die Gesamtheit des von ihr erzeugten Wissens oder eher als Methode?

Für den Physiker Richard Feynmann ist Wissenschaft eine Haltung: «It's a kind of scientific integrity, [...] – a kind of leaning over backwards. For example, if you're doing an experiment, you should report everything that you think might make it invalid.» Es wäre naiv, diese letzte Aufgabe des Zweifelns einem Programm zu überlassen. Das Aufstreben forschender Roboter ist unausweichlich. Das sollte uns aber dazu ermutigen, nicht in algorithmischer Weise zu denken, sondern diskursiv und kontrafaktisch. Wir müssen Raum für unkonventionelles Denken bewahren. Dies – und nicht ein unermüdlich pipettierender Roboter – ist das eigentliche Wesen der Wissenschaft.

Daniel Saraga, Chefredaktor

FNSNF
Schweizerischer Nationalfonds
zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung

akademien der
wissenschaften schweiz

Horizonte – Das Schweizer Forschungsmagazin Nr. 113, Juni 2017

horizonte

MACHINES ARE TALKING ABOUT YOU AND ME BEHIND OUR BACKS

ROBOTS PUSH YOUR CLASS BUTTONS

A LOT OF PEOPLE DON'T WANT PROGRESS

ROBOTS DON'T BUY FURNITURE

YOU. ME. DRIVERLESS CAR. TONIGHT.

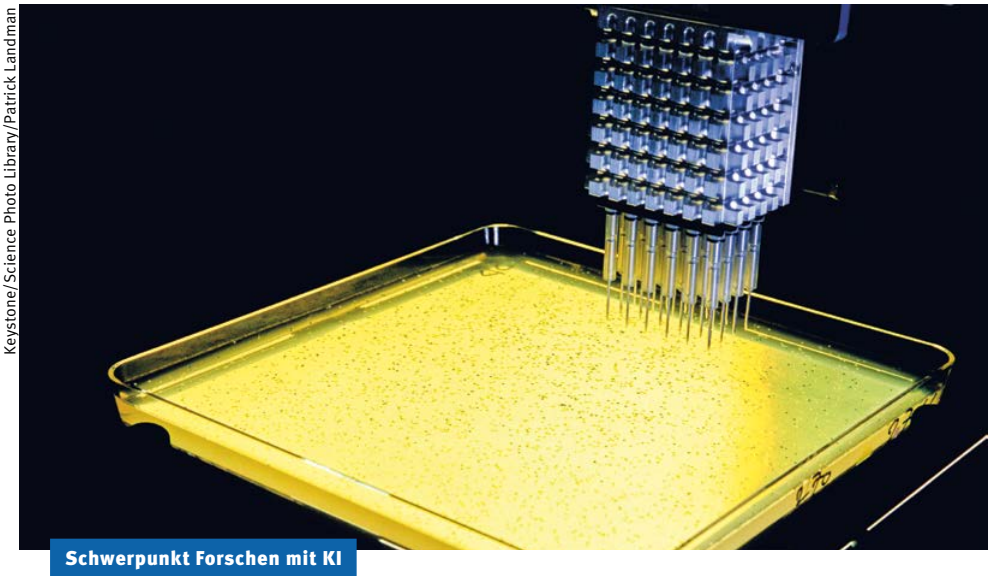
SCIENCE FICTION IS NOW JUST FICTION

OH... I SEE YOU'RE NOT USING A MAC...

ROBOTS YEARN TO DETHRONE YOU

ROBOTS ATE YOUR JOB FOR BREAKFAST

Inhalt



Keystone/Science Photo Library/Patrick Landman

Schwerpunkt Forschen mit KI

8

Forschende Algorithmen

Künstliche Intelligenz durchdringt die Wissenschaft. Die Versprechen sind so gross wie das Entwicklungspotenzial.

10
Automatisierte Forschung
Werden Roboter die Wissenschaft revolutionieren wie das Fliessband die industrielle Fertigung?

13
Fleissige Helfer
Grosse Datenmengen sind ein Fall für Algorithmen. Manchmal lassen die digitalen Assistenten Dinge entstehen, die es nicht gibt.

16
Retter in der Literaturflut
KI-basierte Software soll die Literatur- und Expertensuche erleichtern.

18
Erkennen ist nicht gleich verstehen
Ob Technologie wirklich neues Wissen hervorbringen kann, darüber sind sich Forschende nicht einig.

◂ Umschlag: Aus Fakten generieren Wissenschaftler – und Algorithmen – Erkenntnisse. Ihre Methoden unterscheiden sich wesentlich, bei den Resultaten ist dies nicht so klar. Bild: 2. stock süd

Hagen Oskar

Wissen und Politik

22
Englisch? Viele Sprachen!
Studieren ohne Englisch geht nicht. Das gilt auch für den Bachelor. Universitäten könnten die Sprachenfrage kreativ lösen.

24
Ein Berner bei der Uno
Der Geograf Peter Messerli ist einer der Chefexperten für den ersten Weltnachhaltigkeitsbericht.

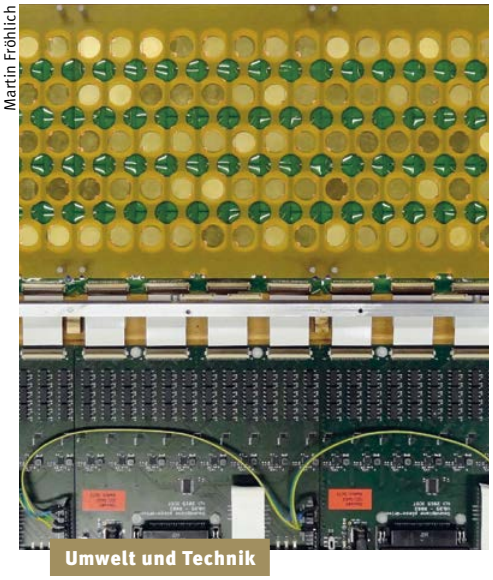
25
Schweizer Forschung in Bildern
Der SNF-Bildwettbewerb gibt überraschende Einblicke in die Wissenschaft.

29
Patientendaten weltweit nutzen
Viele Patienten geben ihre Daten für die Forschung frei – trotz rechtlicher Lücken.

◂ Umschlag innen: Freund oder Feind? Unser Leben mit dem Roboter hat viele Facetten. Auf den Plakaten ist festgehalten, wie sich Douglas Coupland die gemeinsame Zukunft mit der Maschine vorstellt. Bild: Douglas Coupland

30

Martin Fröhlich



Umwelt und Technik

38

Manu Friederich

Kultur und Gesellschaft

42

Keystone/Gian Ehrenzeller

Biologie und Medizin

30
Herr der Galaxien
Astrophysiker Kevin Schawinski untersucht, wie sich seit dem Urknall Galaxien entwickelt haben.

32
Eine vibrierende Erfahrung
Instrumente klingen und vibrieren. Letzeres interessiert auch die Forschung.

34
Atomarer Datenspeicher
Forschende stossen an die definitive Grenze der Miniaturisierung.

35
Gefaltete und geschnittene Materialien
Wie ein flexibles Chemielabor gedruckt wird
Extreme mitteleuropäische Wetterfronten

38
Die Formel für Beziehungen
Psychologen studieren, was Paare glücklich macht. Sie schicken dafür Probanden zur Stressverarbeitung ins Labor.

40
Algorithmen lernen Emotionen
Die Industrie sucht nach der automatischen Erkennung von Emotionen.

41
Der Quartierladen gibt Identität
Darum ist ein direktes Nein unhöflich
Literatur, die Brexit kommen sah

42
Natur der Zukunft
Die Biodiversität schwindet. Könnten konstruierte Naturparadiese Arten besser schützen als echte Wildnis?

44
Zweifel am Höhentraining
Placebokontrollierte Studien der beliebten Trainingsmethode finden keinen Effekt.

46
Legasthenie behandeln
Elektrische Stimulation soll die Hirnwellen in den richtigen Takt bringen.

48
Das Immunsystem lernt im Bauch der Mutter
Die Evolution von Kühen steckt im Ohr
Wunderwaffe Pilz für den Ackerbau

kontrovers
6
Sollen Forschende US-Konferenzen boykottieren?

Vor Ort
36
Fenster zum Leben in Vietnam

Wie funktionierts?
49
Schneller Gentest für Lebensmittel

Aus erster Hand
50
«Tatort» Wissenschaftsverlag

SNF und Akademien direkt
51
Datenmanagement wird wichtiger

Uwe Lewandowski (Fotomontage)

«Gerade weil wir an dieses wundervolle Land glauben, sollten wir die Kräfte des Fortschritts mit einem Boykott unterstützen.»

Sollen Forschende US-Konferenzen boykottieren?

Präsident Trumps Plan, die Einreise für mehrheitlich muslimische Länder zu sperren, trifft auch Forschende. Ist ein Boykott von US-Wissenschaftskonferenzen ein nützlicher Protest dagegen?

Manu Friederich

«Ein Boykott würde der Administration Trump nicht schaden, dem Forschungsraum Schweiz dagegen schon.»

Die USA sind zweifellos der wichtigste «scientific hub» oder wissenschaftliche Verkehrsknotenpunkt der Welt. An einer wissenschaftlichen Konferenz nehmen gut und gerne 30 000 Menschen aus aller Welt teil. Dort findet ein Austausch statt, den es sonst nicht gäbe – so können zum Beispiel Schweizer Forschende auf japanische treffen, die sich sonst wahrscheinlich nie sehen würden. Diese Kontakte sind zentral für eine funktionierende Wissenschaft.

Wenn Präsident Donald Trump und seine Regierung den iranischen, irakischen, libyschen, somalischen, syrischen und jemenitischen Forschenden die Einreise verunmöglichen, sind sie von diesem wertvollen Austausch ausgeschlossen. Diese Diskriminierung aufgrund ihrer Nationalität oder Religion ist rassistisch, hemmt den wissenschaftlichen Fortschritt und verlangt daher einen klaren Widerspruch von uns.

Der Boykott soll sich keineswegs gegen einzelne US-Forschende richten. Wir sollten weiterhin mit ihnen zusammenarbeiten und mit ihnen in den USA und in andern Ländern Austausch pflegen. Konferenzen betreffen aber alle Forschenden, darum sollten sie in einem Land stattfinden, das allen die Einreise erlaubt. Kanada könnte eine gute Alternative sein.

Natürlich ist es zweifelhaft, ob sich die Trump-Regierung von einem Wissenschaftsboykott beeindrucken lässt. Die Erfolgsaussichten sind aber durchaus gegeben, da wir damit die Städte, Universitäten und zivilgesellschaftlichen Organisationen in ihrem Einwirken auf politische Veränderungen unterstützen. Grosse Konferenzen bringen auch wirtschaftlichen Gewinn – es liegt also auf der Hand, dies als Druckmittel einzusetzen, um die gefährdete Freiheit und Vielfalt der Wissenschaft einzufordern.

Ja

sagt Jutta L. Mueller, Professorin für Kognitionswissenschaften an der Universität Osnabrück.

Viele zentrale wissenschaftliche Fortschritte kommen aus den USA. Gerade weil wir an dieses wundervolle Land, seine Institutionen und sein Potenzial zur Veränderung glauben, sollten wir den Boykott unterstützen und damit die Kräfte des Fortschritts in den USA.

Klar verursacht jeder Boykott auch Kollateralschäden. Aber manchmal müssen wir eine kleine Ungerechtigkeit hinnehmen, um eine grosse zu bekämpfen. Selbstverständlich müsste man auch andere Staaten boykottieren, die den freien Austausch zwischen Wissenschaftlerinnen, Journalisten oder Künstlerinnen beschränken – beispielsweise die Türkei. Doch es geht um ein Abwägen der jeweiligen Erfolgsaussichten gegen die möglichen Schäden für die betroffenen Kolleginnen und Kollegen. In einem freien Land wie den USA sind die Erfolgsaussichten hoch, und es bleibt zu hoffen, dass wir den Boykott nur während einer kurzen Zeit aufrechterhalten müssen.

Jutta L. Mueller ist Juniorprofessorin für Psycho- und Neurolinguistik am Institut für Kognitionswissenschaft an der Universität Osnabrück. Sie pflegt wissenschaftlichen Austausch mit US-Wissenschaftlern weltweit auf Konferenzen und koordiniert Auslandsaufenthalte von Studierenden vieler Nationalitäten.

Ein Boykott kann zweifellos eine sinnvolle Form des gewaltlosen Protests sein. Als sich Rosa Parker und die ganze schwarze Bevölkerung in Alabama weigerten, den Bus zu nehmen, um damit gegen die Rassentrennung im öffentlichen Raum zu protestieren, erreichten sie, dass solche Busse als verfassungswidrig erklärt wurden. Andere Boykotte hingegen wirkten kontraproduktiv: Der Boykott von Produkten der Familie Trump verschaffte diesen nur zusätzliche Publicity, die Umsätze schossen in die Höhe. Deshalb sollten wir davon absehen, Wissenschaftskonferenzen in den USA zu boykottieren, auch wenn wir über das diskriminierende Einreiseverbot für Menschen aus gewissen muslimischen Ländern schockiert sind. Ein Boykott würde zum jetzigen Zeitpunkt wesentlich mehr schaden als nützen.

Und solange das Einreiseverbot vom US-Bundesgericht nicht gutgeheissen wurde, ist ein Boykott auf internationaler Ebene schwierig zu verteidigen. Das US-Justizsystem verteidigt die Menschenrechte auf einem lobenswert hohen Niveau. Zudem wäre es auch nicht konsequent, weiterhin in andere Länder zu reisen, welche die Menschenrechte nicht achten. Mit einer politischen Diskussion würden wir nur die Unterscheidung nach Religion, die Trump macht, zusätzlich betonen. Mit einem Boykott von Konferenzen in den USA begeben wir uns auf dieselbe intellektuelle Stufe: Wir würden Forschende aus diesen Ländern noch stärker ins Rampenlicht rücken, ohne etwas zu ihrer beruflichen und persönlichen Entwicklung beitragen zu können. Ein solcher Boykott würde die Gefahr einer Eskalation oder sogar gewalttätiger Reaktionen gegen Forschende bergen, was schwierig zu stoppen sein könnte. Wir sollten lieber auf Dialog und diplomatische Initiativen setzen und die Administration Trump auf diesem Weg davon überzeugen, ihre Politik zu ändern, falls sie doch noch genehmigt wird.

Nein

sagt Anna Fontcuberta i Morral, Professorin für Materialwissenschaft und Engineering an der EPFL.

Die Administration Trump kürzt die Gelder für die Wissenschaft beträchtlich. Eine Möglichkeit, Forschende in den USA zu unterstützen, besteht darin, sie weiterhin zu besuchen, damit ein Austausch und entsprechende Fortschritte trotz der harten Zeiten weiterhin stattfinden. Auch ist daran zu erinnern, dass eine Mehrheit der amerikanischen Wähler, und ganz bestimmt die Mehrheit der gut ausgebildeten Amerikaner, die Ansicht von Trump nicht teilen. Mit seiner Politik vertritt er nicht den Willen der US-Bevölkerung als Ganzes.

Ob uns das gefällt oder nicht: Die USA sind das führende Land in Sachen Forschung. Wenn wir auf ihr Spiel einsteigen, schaden wir führenden Forschungs- und Innovationsinstitutionen, womit wir uns auch selber schaden würden. Damit ein Boykott wirksam ist, muss er irgendwo weh tun. Der Montags-Boykott in Alabama erregte teilweise Aufsehen, weil im öffentlichen Verkehr grosse Verluste entstanden, da drei Viertel der Passagiere schwarz waren. Die Schweizer Forschenden können, wenn sie gegen US-Konferenzen protestieren, der Administration Trump nicht im Geringsten schaden, es sei denn, die ganze Welt schliesst sich diesem Schritt an. Sicher aber würde der Forschungsbereich in der Schweiz stark darunter leiden.

Anna Fontcuberta i Morral ist Leiterin des Labors für Halbleitermaterialien an der EPFL. Während eines ihrer beiden einjährigen Forschungsprojekte am California Institute of Technology war sie Mitbegründerin des US-Start-ups Aonex Technologies.

Der Roboter macht eine Pause, die er physiologisch gesehen nicht braucht. Es scheint beinahe so, als würde er sich in menschlichem Verhalten weiterbilden. Erkennen kann er sie vielleicht, aber wird er sie jemals fühlen, die Verliebtheit?

Bild: Reem B #7 [Pal], Barcelona, Spanien, 2010. Vincent Fournier

Science ex machina

Der Neue im Team ist ein Roboter. Seine Fähigkeiten sind für die Wissenschaft verheissungsvoll. Können sich Forschende auf ihn verlassen?

Roboter als Forscher

Intelligente Maschinen helfen mit, die Forschung zu automatisieren. Einige testen bereits Hypothesen, die sie selber generiert haben.
Von Edwin Cartlidge

Ein Experiment durchführen, ohne den Schreibtisch zu verlassen, ohne ein einziges Teströhrchen in die Hand zu nehmen oder in ein Mikroskop zu blicken: Das ist die Vision des Unternehmens Emerald Cloud Laboratory. Es will Biologen und Chemikern die Möglichkeit geben, mit einigen Mausklicks Experimente zu designen, Geräteeinstellungen zu wählen und zu überwachen und dann die Daten zu analysieren. Das Konzept des Cloud Computing über die einfache Datenspeicherung hinaus soll reale Experimente über das Internet ermöglichen und den Forschenden so mühsame Routinearbeiten abnehmen, damit ihnen mehr Zeit für die Entwicklung ausgereifter Experimente bleibt.

Zentrifugieren in der Cloud

Emerald bietet seine Leistungen aus einem Lagerhaus am Stadtrand von San Francisco an. Hier stehen reihenweise Labortische, mit Flüssigkeiten hantierende Roboter, automatische Inkubatoren, Zentrifugen und weitere Geräte zur Bearbeitung von Proben. Die spezifischen Anweisungen erhalten sie von den Nutzern über eine webbasierte Schnittstelle. Diese Anlage arbeitet mehr oder weniger autonom rund um die Uhr. So haben Forschende, die ein Experiment in Auftrag geben, die Ergebnisse innerhalb von 24 Stunden.

Noch bieten erst vereinzelte Unternehmen solche Dienste an. Pionierin war die 2012 gegründete Firma Transcriptic, die in einem Lagerhaus nur wenige Kilometer von Emerald entfernt tätig ist. Bereits gibt es unter den Forschenden begeisterte Anhänger des neuen Ansatzes. Einer von ihnen ist Justin Siegel, der an der University of California in Davis im Gebiet der synthetischen Biologie tätig ist. Seines Erachtens können seine Studierenden so mehr und komplexere Experimente realisieren, als wenn sie diese selber durchführen müssten. Selbst Studienanfänger oder Gymnasiasten profitieren. «Sie können sich auf das Versuchsdesign konzentrieren, ohne überlegen zu müssen, ob sie für die Durchführung genügend geschickt sind.»

> «Die Roboter Adam und Eve wurden nicht als Autoren aufgeführt, weil sie ihre informierte Einwilligung nicht geben konnten.»
>
> Ross King

Emerald droht Opfer des eigenen Erfolgs zu werden. Die Firma hat ihren Cloud-Dienst im vergangenen Oktober lanciert. Nun führt sie bereits eine Liste mit mehreren hundert Laboratorien, die darauf warten, dass die Roboter für sie verfügbar sind. Mitbegründer Brian Frezza ist aber zuversichtlich, dass Emerald den Arbeitsrückstand aufholen kann und bis in etwa einem Jahr die rund hundert Standardexperimente anbieten kann, die in den Life Sciences gefragt sind. Im Moment sind rund 40 im Angebot. «Bis dann wollen wir profitabel arbeiten.»

Die Forschung hat schon viel Erfahrung mit Robotern. Pharmaunternehmen setzen sie seit Jahren für repetitive, zeitaufwendige Aufgaben in frühen Stadien der Medikamentenentwicklung ein. Biotech-Firmen greifen für die Gentechnologie auf sie zurück – die wachsende Nachfrage in diesem Bereich decken Hersteller von Instrumenten wie die in Zürich ansässige Tecan. «Die meisten Laboraufgaben können heute von Maschinen übernommen werden», sagt Ross King, Biologe und Informatiker an der britischen Universität Manchester.

Der Archetyp der automatisierten Wissenschaft ist wohl die DNA-Sequenzierung, also das Verfahren zur Bestimmung der Abfolge der Basenpaare. Während dies früher eine sehr zeitintensive Aufgabe war, die nur wenige Laboratorien anboten, wird sie heute von Maschinen erledigt, die millionenfach genetisches Material automatisch entziffern. Diese Geräte werden an zentralen Standorten eingerichtet, kaum ein Labor sequenziert selber.

Emerald macht gemäss Frezza etwas völlig anderes: «Statt wie eine Autofabrik in Fliessbandarbeit ein Experiment eine Million Mal durchzuführen, machen wir eine Million verschiedene Experimente mit einem Roboter.» Weil aber Roboter nicht sehr effizient darin sind, viele verschiedene Schritte nacheinander auszuführen – statt viele gleiche Prozesse zur selben Zeit –, sind die Geräte durchschnittlich langsamer und teurer als Menschen. Das Unternehmen versucht also nicht, bestehende Auftragsforschungsinstitute, die Roboter und Menschen einsetzen, preislich zu konkurenzieren.

Exakt reproduzieren ist ihre Stärke

Die grösste Tugend von Robotern ist nach Ansicht von Frezza die Reproduzierbarkeit oder – mit seinen Worten: die Tatsache, «dass sie immer genau gleich pipettieren». Um dies auszunutzen, hat Emerald eine Reihe von Protokollen entworfen, mit der Forschende dem Roboter Schritt für Schritt vorgeben können, was er tun soll. So wird ein Experiment absolut präzise und eindeutig festgelegt. Frezza glaubt, dass er mit seinem Team nun eine solide Palette solcher Protokolle entwickelt hat. Noch sei allerdings die Schnittstelle zu wenig benutzerfreundlich: «Was die Leute gar nicht mögen, ist das Gefühl, Programmiercodes zu schreiben.»

Auch Richard Whitby von der University Southampton in Grossbritannien betont die Bedeutung der Reproduzierbarkeit. In seiner Disziplin, der organischen Chemie, ist die Vielseitigkeit des Menschen von

grossem Vorteil bei komplexen Reaktionen. Wissenschaftliche Arbeiten geben diese Komplexität aber häufig nicht vollständig wieder, da sie beispielsweise nicht präzisieren, wie schnell Reagenzien eingeführt werden müssen. «Wenn nicht der genaue Wert jedes Parameters in einer Reaktion bekannt ist, wird es schwierig, die Auswirkungen bestimmter Variablen zu bestimmen», erklärt er.

Whitby leitet das britische Projekt «Dial-a-Molecule». Das Projekt will eine Maschine entwickeln, die auf Wunsch ein beliebiges Molekül aus organischen Verbindungen synthetisieren kann, genauso wie Biologen heute bestimmte DNA-Sequenzen per Post bestellen können. Whitby macht sich keine Illusion darüber, welche Hürden noch bevorstehen, und betont, dass eine solche Maschine in der Lage sein müsste, Zehntausende von Reaktionen auszuführen – gegenüber lediglich vier bei der DNA-Synthese.

Automatisch Hypothesen testen

Noch ambitionierter ist die Vision des Biologen King in Manchester: Er und sein Team wollen «den ganzen Forschungskreislauf automatisieren». Ebenso wie die Cloud-basierten Firmen verwenden sie kommerziell hergestellte Roboter, verknüpfen diese aber mit Systemen der künstlichen Intelligenz. Die Roboter lernen durch Logik und Wahrscheinlichkeitstheorie ein bestimmtes Thema. Die Idee ist, dass sie selber Hypothesen für ihre Beobachtungen formulieren. Dann soll die Maschine ihre eigenen Experimente entwickeln, um ihre Hypothesen zu testen, bevor sie dann wiederum neue Hypothesen entwirft. Diesen Zyklus wiederholt sie viele Male im Bestreben, Neues über die Welt zu lernen.

King ist der Ansicht, dass dieser Ansatz Früchte trägt und dass Maschinen die Arbeit von Forschenden effizienter und genauer machen können. Er begann mit seiner Forschung an der Aberystwyth University in Wales. Dort konzipierte er den Roboter «Adam», der 2008 mehrere zuvor unbekannte Hefe-Gene für Enzyme erfolgreich identifiziert hat. Inzwischen hat King den eine Million Dollar teuren Roboter «Eve» entwickelt, der noch mehr kann: Dieser entdeckte den Wirkmechanismus der seit Langem bekannten Verbindung Triclosan gegen Malaria – womit er wohl die Zulassung des Wirkstoffs als Arzneimittel erleichtern wird.

Neben der Biochemie sind Roboter auch vermehrt in den Materialwissenschaften anzutreffen. Im vergangenen Jahr berichteten Ingenieure des US Air Force Research Laboratory in Ohio über Ergebnisse eines Roboters mit künstlicher Intelligenz, der Forschung zu Kohlenstoffnanoröhren ausführte. Die zylindrischen Moleküle aus Kohlenstoff sind robust, leicht und leiten Wärme und Elektrizität hervorragend. Die Maschine führte über 600 Experimente selber durch und veränderte dabei die Bedingungen. So konnte sie die theoretischen Vorhersagen zur maximalen Wachstumsrate der Nanoröhren bestätigen.

Noch kein Paradigmenwechsel

Manche Forschende versuchen sogar, Fortschritte in der Physik zu automatisieren, wenn auch nicht mit eigentlichen Robotern. Hod Lipson von der Columbia University in den USA hat mit seinem Team einen Algorithmus entwickelt, der zufällige Gleichungen generiert und dann einen evolutionären Prozess anwendet, um jene Gleichungen auszuwählen, die am besten mit experimentellen Daten übereinstimmen. 2009 präsentierten sie einen Ansatz, mit dem sie das Verhalten von chaotischen Doppelpendeln modellierten. Das Ergebnis bezeichnen sie als physikalisch aussagekräftige Erhaltungssätze. Zwei Jahre später legten sie Gleichungen zur Energiegewinnung aus dem Zuckerabbau vor, die nach demselben Ansatz unter Verwendung von Daten zum Hefemetabolismus entwickelt wurden.

> «Studenten können sich auf das Versuchsdesign konzentrieren, ohne überlegen zu müssen, ob sie genügend geschickt sind.»
>
> Justin Siegel

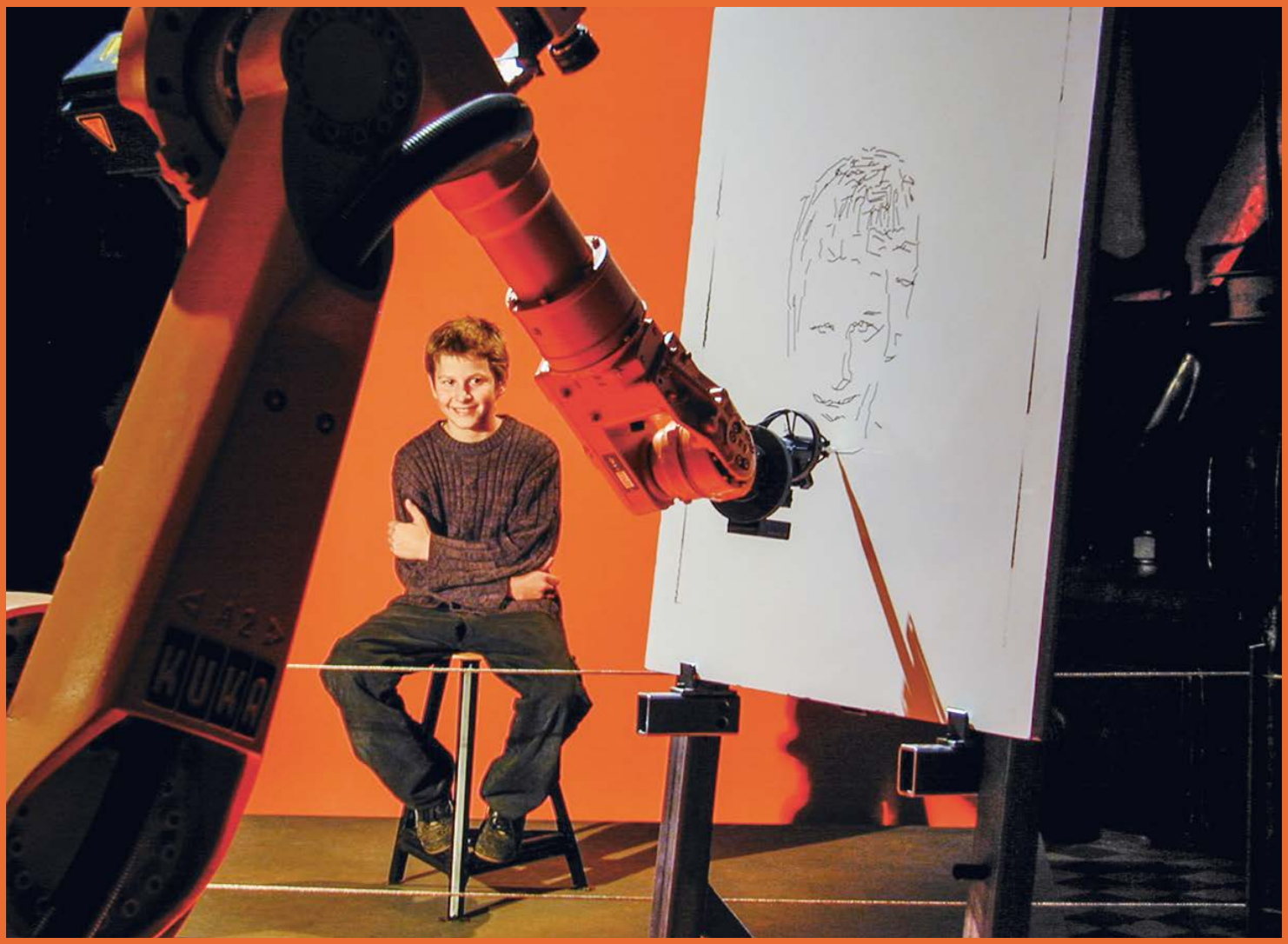
Aber nicht alle sind überzeugt. Die amerikanischen Physiker Philip Anderson und Elihu Abrahams kritisierten 2009 in einem Brief an die Zeitschrift Science sowohl Kings als auch Lipsons Gruppen, dass diese sich «schwer darin täuschen, was ein wissenschaftliches Unterfangen ist». Sie argumentierten, dass Maschinen zwar vielleicht einen Beitrag zu dem leisten können, was der Philosoph Thomas Kuhn als «normale Wissenschaft» bezeichnete, dass sie jedoch niemals in der Lage sein werden, echte wissenschaftliche Meilensteine zu setzen, indem sie neue physikalische Gesetze entdecken – wobei die Kritiker hervorhoben, dass bei der Forschung von Lipson zur Pendelbewegung «die relevanten physikalischen Gesetze und Variablen im Voraus bekannt waren».

King räumt ein, dass Maschinen ihre Grenzen haben, und betont, dass ein Roboter, der ein Experiment erfolgreich durchführt, selbst nicht versteht, weshalb. Der Forscher erzählt, dass er und sein Team «Adam» und «Eve» als Autoren in ihrem Paper vermerken wollten. Dies wurde mit der Begründung abgelehnt, dass diese ihre informierte Einwilligung nicht geben konnten. King glaubt, dass intelligente Roboter trotzdem in den wissenschaftlichen Alltag Einzug halten werden. Dafür sprechen die stetig höhere Leistung von Computern, effizientere Algorithmen und Weiterentwicklungen in der Robotik. «Sie werden besser, während die Menschen gleich bleiben», meint er. «Ich sehe keinen Grund, weshalb dieser Trend nicht anhalten sollte.»

Edwin Cartlidge lebt in Rom und schreibt für Science und Nature.

Lexikon der künstlichen Intelligenz

- **Maschinelles Lernen:** Das Gebiet der künstlichen Intelligenz entwickelt selbstlernende Algorithmen für das eigenständige Lösen von Problemen (erkennen, klassifizieren, vorhersagen, übersetzen usw.).
- **Überwachtes Lernen:** Der Algorithmus wird mit Trainingsdaten gespeist (Paare aus Objekt und Kategorie oder Zahlenwert), um daraus ein Modell zur Einteilung neuer Objekte zu entwickeln. **Unüberwachtes Lernen** findet verborgene Datenstrukturen – ohne Trainingsbeispiele.
- **Bestärkendes Lernen:** Das System gibt dem Algorithmus «Belohnungen» für gute Resultate. Dieser passt sich an, um den Erfolg zu maximieren. Typische Anwendung: Schach spielen lernen.
- **Neuronales Netzwerk:** Das von Gehirnstrukturen inspirierte Modell besteht aus einer grossen Zahl miteinander verbundener künstlicher Neuronen. Es kombiniert Eigenschaften des analysierten Objekts neu und generiert dadurch immer abstraktere Darstellungen, was eine Klassifizierung ermöglicht. Das Netzwerk lernt durch Probieren neuer Kombinationen.



Ein Roboter porträtiert im Museum Menschen. Mit einem Stift in der Hand bietet er seinen ungewöhnlichen Dienst an. Er weiss allerdings nicht, wen er da zeichnet.
Bild: robotlab (2002)

Augmented Science

Künstliche Intelligenz wird ein immer stärkerer Teil des Forschungsprozesses. Noch verstehen die Forschenden nicht vollständig, was für einen Assistenten sie sich da ins Labor geholt haben. *Von Roland Fischer*

Intelligente Maschinen und selbstlernende Systeme beschäftigen die Forschung seit Jahrzehnten. Erste Berichte von Versuchen mit maschinellem Lernen bei der Identifizierung genetischer Muster wurden vor über 20 Jahren publiziert. Und in der Teilchenphysik wird schon so lange mit künstlicher Intelligenz (KI) experimentiert, dass manche Reviews um das Jahr 2000 sogar ein abflauendes Interesse feststellten. Sie drängten deshalb auf ein rasches Revival der Methode.

«Neuronale Netzwerke wurden schon in den 90er Jahren am Cern in diversen Experimenten studiert und eingesetzt», erinnert sich Sigve Haug vom Labor für Hochenergiephysik der Universität Bern. Man habe dies damals einfach nicht «Machine Learning» genannt.

Künstliche Intelligenz überall

Heute ist die Nutzung solcher KI-Methoden bei grossen Teilchenphysik-Experimenten schon fast der Normalfall, sei es in der Datenrekonstruktion oder der Datenanalyse. Und sie werden auch oft beim Distributed Computing genutzt, wo Programme lernen müssen, wann und wie Rechenprozesse am effizientesten verteilt werden. Aber KI ist nicht nur am Cern omnipräsent – ganz ähnlich präsentiert sich die Lage plötzlich so gut wie überall. Künstliche Intelligenz ist das Forschungs-Credo der Stunde. Physikalische Chemie, Molekularbiologie, medizinische Genetik, Astrophysik, sogar Digital Humanities: Wo mit grossen Datenmengen hantiert wird, ist auch KI nicht weit.

Ist die Entwicklung hin zur künstlichen Intelligenz als Laborassistenz, hin zum Team von Mensch und Maschine in der Forschung also ein zwingender nächster Schritt? «Absolut», sagt Karsten Borgwardt vom Machine Learning and Computational Biology Lab der ETH Zürich. «In vielen Feldern der Lebenswissenschaften, wo mit Hochdurchsatzverfahren gearbeitet wird, geht es schon jetzt nicht mehr ohne.» Die Datenmengen seien schlicht zu gross, wenn man beispielsweise eine halbe Million Krankengeschichten mit den zugehörigen genetischen Daten verknüpfen möchte. «Da kann kein Mensch mehr mit dem blossen Auge ein sinnfälliges, noch unbekanntes Muster erkennen.» Solchen Datenmengen sei nur noch mit effizienten statistischen Verfahren, wie Spezialisten wie Borgwardt sie derzeit entwickeln, beizukommen. Ohnehin sei die Grenze zwischen Statistik und maschinellem Lernen inzwischen fliessend, merkt der junge ETH-Professor an.

Die künstliche Intelligenz als selbstverständlicher Partner im Forschungsprozess: Die Vision erinnert an Garry Kasparovs «Advanced Chess»-Idee, die er kurz nach seiner Niederlage gegen Deep Blue vor genau zwanzig Jahren vorbrachte. In Zukunft sollten nicht mehr Menschen gegeneinander oder gegen Maschinen antreten, sondern Mensch-Maschine-Teams. So könnte das Spiel auf eine ganz neue Ebene gehoben werden, glaubte Kasparov, ein Schach jenseits menschlicher strategischer Möglichkeiten.

> Ein System kann «überlernen»: Mit zunehmendem Training wird es schlechter.

«Machine Learning is the scientific method on steroids», schreibt auch der KI-Experte Pedro Domingos der Universität von Washington in seinem Buch «The Master Algorithm». Darin postuliert er so etwas wie eine Super-Machine-Learning-Methode, ein maschineller Allesversteher. Durch intensiv eingesetzte KI würde die Forschung schneller, effizienter, tiefschürfender. Der Wissenschaftler könnte sich, von der statistischen Routine entlastet, ganz auf die kreativen Anteile seiner Arbeit konzentrieren. Domingo verspricht nichts weniger als eine neue goldene Ära der Wissenschaft.

Nicht alle Forscher, die sich mit KI beschäftigen, mögen in dieses Loblied einfach so einstimmen. Neven Caplar vom Institut für Astronomie der ETH Zürich ist durchaus ein Datennerd: Er betreibt den Datenblog astrodataiscool.com und hat kürzlich mithilfe von maschinellem Lernen den Gender Bias in astronomischen Publikationen quantifiziert.

Der junge Forscher sieht zwar seit ein paar Jahren einen markanten Aufschwung bei Publikationen, die KI enthalten. Aber er hat doch einige Zweifel, ob die Methoden in seinem Feld einen grossen Durchbruch erleben werden. Astronomie sei «eine Wissenschaft von Biases»; es gehe nicht zuletzt darum, die Instrumente möglichst gut zu kontrollieren. Deshalb sollten sie so wenig wie möglich konzipiert werden wie eine «Black Box»: wie ein praktisches Tool, das zwar gute Resultate liefert, dessen genaue Funktionsweise man aber nicht nachvollziehen kann. Beim Umgang mit den Beobachtungsdaten sei die Interpretation durch den menschlichen Forscher nach wie vor zentral, sagt Caplar.

Gedopte Wissenschaft

«Ach, diese Black Box!» entfährt es seinem Kollegen Kevin Schawinski (siehe auch «Die Physik von allem», S. 30). Alle würden davon reden, dass KI eine Black Box sei – und wir also die Logik und Argumentation der Maschine gar nicht zu hinterfragen vermögen. Der Astronom Schawinski kann bei KI keine Black Box erkennen. Aus seiner Sicht handelt es sich schlicht um eine neue Methode der Forschung, die kalibriert und getestet werden muss, um sie richtig zu verstehen. Das sei nicht anders als bei jeder Methode, die sich die Wissenschaft neu zu eigen gemacht hat, sagt der Forscher. Schliesslich durchschaue kein Einzelner komplexe Versuchsanordnungen wie den Large Hadron Collider am Cern oder das Hubble-Teleskop als Ganzes. Schawinski vertraut da ebenso auf die Forschungs-Community: Diese wisse sicherzustellen, dass der wissenschaftliche Prozess robust funktioniert.

Mit Kollegen von den Computerwissenschaften hat Schawinski die Plattform space.ml lanciert, eine Sammlung von leicht zu bedienenden Tools zur Interpretation von astronomischen Daten. Er selber hat eine Methode entwickelt, um Bilder von Galaxien durch ein neuronales

> «Maschinelles Lernen ist auf einer ewigen Gratwanderung zwischen Blindheit und Halluzination.»
>
> Pedro Domingos

Netzwerk so zu verbessern, dass mehr Informationen extrahiert werden können, und zwar ohne dass der Computer dazu weitere Vorgaben braucht. Bei anderen Anwendungen kommt auch sogenanntes überwachtes Lernen zum Einsatz, bei dem auf ein Daten-Trainingsset zurückgegriffen wird: Von Menschen vorsortiert oder mit Metainformationen versehen, helfen die Trainingssets dem Computer, selber Regeln aufzustellen, die ihn befähigen, eine Aufgabe zu bewältigen.

Überangepasste Assistenten

Der Biostatistiker Karsten Borgwardt nutzt Überwachtes-Lernen-Methoden, um beispielsweise herauszufinden, ob Veränderungen im Genom eine schädliche Wirkung im Organismus haben. Dabei füttert er den Computer mit bereits erforschten Mustern und hofft, dass dieser in der Folge selbstständig weitere, noch unbekannte Zusammenhänge findet.

> «Die Interpretation durch den menschlichen Forscher ist bei Beobachtungsdaten nach wie vor zentral.»
>
> Neven Caplar

Doch es gibt einen Stolperstein: das Overfitting. Der Datenexperte muss im Auge behalten, ob der Computer im Trainingsset tatsächlich die wesentlichen Merkmale erkennt oder ob er sich zufällige Muster im Datenrauschen zur Regel macht. Auch das hat Pedro Domingos auf eine prägnante Formel gebracht: Er sieht maschinelles Lernen auf einer «ewigen Gratwanderung zwischen Blindheit und Halluzination». Auf der einen Seite erkennt der Algorithmus in den Datenbergen gar nichts. Auf der andern Seite des Overfitting beginnt er plötzlich Dinge zu sehen, die gar nicht da sind. Auf diese Weise kann man ein System tatsächlich «überlernen» – mit zunehmendem Training wird es dann wieder schlechter.

Ein Hauptgrund für Overfitting in der Genomik und Medizin ist laut Borgwardt, dass hinsichtlich des Trainingssatzes nicht immer die nötige Transparenz herrscht und deshalb nicht immer einschätzbar ist, wie stark die Trainingsdaten mit den später auszuwertenden Daten überlappen. Wenn die Sets zu ähnlich sind, kann die Maschine im schlechtesten Fall nicht «generalisieren» und wendet einfach auswendig gelernte Fälle wieder an, falls sie eine Übereinstimmung findet. So entstehe kein echter Erkenntnisgewinn; die künstliche Intelligenz bleibt auf dem Stand einer gewöhnlichen Datenbank.

Auch wenn beim Training alles richtig gelaufen ist: Es bleibt das Problem, Zufallskorrelationen von echten, statistisch signifikanten Zusammenhängen zu unterscheiden. Je grösser die Datenmengen, desto grösser sei auch die Wahrscheinlichkeit, dass bloss aus Zufall gehäufte Genomvarianten vorkommen, sagt Borgwardt – und dass diese dann auch noch mit dem Auftreten einer Krankheit korrelieren. Ein wichtiger Teil seiner Arbeit besteht deshalb darin, Signifikanz in extrem hochdimensionalen Räumen zu bewerten. Das heisst: auch sehr komplexe und naturgemäss multikausale Situationen statistisch zu meistern.

Maschinelles Lernen für Quanten

Die KI kann nicht nur Zusammenhängen in komplexen Datensätzen nachspüren, sie kann auch ganz neue Materialien kreieren. Doch im Gegensatz zu den Lebenswissenschaften sei maschinelles Lernen in der physikalischen Chemie noch nicht sehr weit verbreitet, sagt der Chemiker und Materialforscher Anatole von Lilienfeld von der Universität Basel. Immerhin sieht auch er einen «rapiden Aufschwung» und glaubt, dass KI «unvermeidlicherweise» in zehn Jahren ein integraler Teil der meisten Studien sein wird.

Die Arbeit seiner Gruppe hat Pioniercharakter: Dank KI konnten die Forscher die Eigenschaften von Millionen theoretisch möglicher Kristalle durchrechnen, die aus vier bestimmten Elementen aufgebaut sind. Dabei identifizierte die KI neunzig bisher unbekannte Kristalle, die thermodynamisch stabil sind und als neuartige Werkstoffe in Betracht kommen. Die Effizienzsteigerung bei der Berechnung der Kristalleigenschaften – mehrere Grössenordnungen schneller – verblüfft selbst den Fachmann: Sie ist so enorm, dass «nicht nur konventionelle Probleme gelöst werden können, sondern sich auch ganz neue Forschungsfragen auftun». Aber auch von Lilienfeld gibt ein paar Punkte zu bedenken: Maschinelles Lernen funktioniere nur, wenn ein Ursache-Wirkung-Prinzip vorliege und genügend Daten zur Verfügung stünden. Entscheidend sei auch, dass der entsprechende Forscher «genügend Expertise besitzt, um effiziente Repräsentationen der zu untersuchenden Objekte und ihrer Eigenschaften zu ersinnen.»

Diese Expertise war auch für den theoretischen Physiker Giuseppe Carleo von der ETH Zürich der entscheidende Punkt. Er hat zusammen mit Kollegen einen Weg gefunden, die Wellenfunktion von Quantensystemen mit einem neuronalen Netz nachzubilden. Nachdem ihm dieser Schritt gelungen war, war die Optimierung der Wellenfunktion «eigentlich ein Kinderspiel». Der Algorithmus erledigte die Aufgabe schnell und ohne Probleme. Herkömmliche Methoden stossen bei solchen Rechenaufgaben rasch an ihre Grenzen: Die Simulation von komplexeren Quantensystemen galt bis vor kurzem noch als rechnerisches «Ding der Unmöglichkeit».

Der neue Ansatz setzt auf die Methode des unüberwachten Lernens (Unsupervised Learning), ohne Vorwissen für den Computer. Er sei für theoretische Physiker auch deshalb interessant, weil er ermögliche, «alte Probleme in neuen Perspektiven» zu sehen – im besten Fall profitierten die Ingenieurswissenschaften und die Grundlagenforschung von den Fortschritten.

Der Physiker hat sich vom letztjährigen Triumph des Algorithmus AlphaGo beim Spiel gegen einen Meister des Go-Spiels inspirieren lassen. Diese KI wurde immer stärker, indem sie unzählige Partien gegen sich selbst spielte. Carleo hat die Methode des bestärkten Lernens (Reinforced Learning), die die Spielintelligenz von AlphaGo in ganz neue strategische Sphären gehoben hat, für seine Zwecke adaptiert.

Er hat der Maschine im übertragenen Sinne beigebracht, die Suche nach der Lösung der Wellenfunktion wie ein Spiel zu sehen, bei dem das Ziel zwar klar ist, der Weg aber ganz offen – und dabei zu lernen, gute Lösungswege zu bevorzugen. Und tatsächlich hat die KI an dem Spiel sehr grossen Gefallen gefunden. So grossen Gefallen, dass sie es nun so gut beherrscht wie keine andere Intelligenz auf der Welt.

Roland Fischer ist freier Wissenschaftsjournalist in Bern.

Erhält der anthropomorphe Roboter einen Geburtstagskuchen? Zentraler ist wohl die Frage, ob er sich über das Geschenk freuen wird. Im Bild ist übrigens eine echte Frau, die als Roboter menschliches Verhalten imitiert.

Bild: Kevin Grennan, Android Birthday, 2011. Video.
Schauspielerin: Sylvi Kim

Ihr Computer denkt jetzt mit

Mehrere Start-ups vermarkten Programme mit künstlicher Intelligenz zur Unterstützung von Forschenden. Die Idee ist gut, die Realität jedoch ernüchternd. *Von Sven Titz*

Im Schach kann der Mensch den Computer schon seit 20 Jahren nicht mehr besiegen. Neuerdings sollen die Maschinen beim anspruchsvollsten Geschäft mitwirken, das die Menschheit betreibt, nämlich bei der Forschung. Software soll Studien sondieren und beurteilen helfen: Der Computer als smarter Labor-Butler filtert die Literaturflut und assistiert bei der Peer Review.

Falsche Zusammenhänge

Die Werbung manch einer Firma tönt sehr optimistisch. Das norwegische Start-up Iris verkündet zum Beispiel, die Suche nach relevanter Forschungsliteratur verbessern zu können. Iris lässt sich auf der Website mit einem Gratistool testen. Nach Auswahl einer Studie zum Start der Suche liefert das Tool Hunderte Resultate, die nach «Schlüsselkonzepten» sortiert sind. Angeblich hängen die ermittelten Studien inhaltlich mit der eingespeisten Studie zusammen. Ein Teil der Resultate taugt jedoch nichts, weil das Tool gelegentlich Begriffsverbindungen für sinnverwandt hält, die nichts miteinander zu tun haben.

Die Literaturrecherche mit Semantic Scholar hingegen wird immerhin schon seit zwei Jahren erprobt. Die Software stammt vom kalifornischen Allen Institute for Artificial Intelligence und nutzt Maschinenlernen, um in Texten wissenschaftliche Konzepte zu erkennen. Bis anhin durchkämmt Semantic Scholar computer- und neurowissenschaftliche Literatur. Weitere Fachgebiete sollen bald folgen. Paul Ginsparg von der Cornell University, einer der Arxiv-Gründer, hebt auf Nachfrage eine Eigenschaft der Suchmaschine als «potenziell ziemlich nützlich» hervor: Sie berücksichtigt nicht nur die Zahl von Zitierungen, sondern auch ihren Stellenwert – also wer eine Studie zitiert hat und in welchem Kontext.

Intelligente Suchmaschinen wie Semantic Scholar oder auch Sparrho orientieren sich meist an den Literaturdatenbanken Google Scholar und Pubmed und erleben derzeit einen Boom. Allein in den letzten Monaten kamen zwei ähnliche Produkte heraus: Microsoft Academic und Recommended von Springer Nature.

> «Das Problem besteht darin, das Fachwissen der Menschen sinnvoll zu integrieren.»
>
> Peter Flach

Manche Firmen hegen noch höhere Ambitionen: Das Start-up Meta in Toronto will ein neues Scanverfahren für Fachliteratur entwickelt haben. Auf dessen Basis entwickeln die Mitarbeitenden Apps, die zum Beispiel mit vielschichtigen neuronalen Netzen arbeiten. Laut Marketing von Meta soll deren App Horizon Scanning den Ursprung eines wissenschaftlichen Konzepts aufspüren können: Sie verfolgt es rückwärts in der Zeit und blättert so das Areal eines ganzen Forschungszweigs auf.

Horizon Scanning ist nach Angaben der Firma für die Pharmaindustrie, Verlage, Forschungskorporationen und Behörden gedacht. Ein Teil der Algorithmen stammt von einer Firma, die an der Entwicklung von Apples Sprachassistenz-Software Siri beteiligt war. Unter den Gründern befinden sich mehrere Forschende, und kürzlich wurde die Firma durch die Chan Zuckerberg Initiative aufgekauft. Expertinnen und Experten sehen sich mangels konkreter Informationen nicht in der Lage, eine belastbare Einschätzung abzugeben – zum Beispiel Jana Koehler von der Hochschule Luzern oder Peter Flach von der University of Bristol. Die Software wirkt auf sie wie eine Black Box.

Mehr als vergleichen ist schwierig

Neben der Literaturrecherche werden elementare Formen der künstlichen Intelligenz bereits im Zusammenhang mit der Begutachtung von Fachartikeln genutzt. Flach hat gemeinsam mit Kollegen ein Programm entwickelt, mit dem sich zum Beispiel passende Gutachter für eine Studie finden lassen: Die Open-Source-Software Subsift nutzt dazu fortgeschrittene Matching-Algorithmen für Wortlisten, die Studien und Gutachter beschreiben. Es sei eine sehr grosse Herausforderung, Assistenz-Software für Wissenschaftler zu entwickeln, die über allgemeine Anwendungen wie Suche oder Abgleich («Matching») hinausgehen sollen, sagt Flach. Das Problem besteht darin, das Fachwissen der Menschen sinnvoll zu integrieren. In Zukunft werde man aber zunehmend damit rechnen können.

Sven Titz ist freier Wissenschaftsjournalist.

In «Refactor» wird die malerische Erfahrung des visuellen Künstlers in Computercodes abgebildet. Kunst wird so in Abwesenheit des Malers kreiert. Etwas technischer ausgedrückt visualisiert die Installation kognitive Potenziale digitaler Codes.

Bild: Nikzad Arabshahi (Visual) & Vedad Famourzadeh (Audio), Dezember 2016

Eine neue Intelligenz, die sich selber nicht versteht

Was ist eine Entdeckung wert, die man nicht versteht? Die Entwicklung intelligenter Maschinen in Laboratorien stellt das eigentliche Wesen des Wissens infrage. *Von Nic Ulmi*

Hypothesen formulieren, Entdeckungen machen: Diese Begriffe bilden das Herzstück jedes wissenschaftlichen Ansatzes. Seit Anfang der 2000er Jahre sind Maschinen mit künstlicher Intelligenz daran, dieses Gebiet zu erobern. Sie produzieren auf neuen Wegen Ergebnisse und übernehmen Aufgaben, die einst Menschen vorbehalten schienen. Diese Maschinen, die immer leistungsfähiger werden und doch nicht in der Lage sind, ihre eigenen Erfolge zu verstehen, beschwören eine befremdliche Vision herauf: eine automatisierte, industrielle, von Robotern betriebene Forschung.

Drei Beispiele: An der Tufts-Universität in Massachusetts arbeitet ein Netz aus künstlichen Neuronen daran, ein altes Rätsel der Biologie zu lösen. Es entwickelt eine Hypothese zur Regeneration von Planarien-Süsswasserwürmern, die einen verlorenen Schwanz oder Kopf nachwachsen lassen können. An der Universität Adelaide in Australien wiederum hat ein Roboter das optimale Mittel gefunden, um ein Bose-Einstein-Kondensat herzustellen. Das Gebilde aus Bosonen, die beinahe bis auf den absoluten Nullpunkt gekühlt wurden, veranschaulicht makroskopische Quantenphänomene. Schliesslich haben die Maschinen des Start-ups Insilico Medicine an der Universität Johns Hopkins in Baltimore Moleküle entwickelt, die in der Onkologie nützlich sein könnten.

> «Das menschliche Gehirn erbringt im Gegensatz zu Maschinen Abstraktionsleistungen mühelos.»
>
> Roger Schank

Roger Schank, ein Pionier der künstlichen Intelligenz (KI), zeigt sich von diesen Beispielen wenig beeindruckt. «Bei allen handelt es sich absolut nicht um künstliche Intelligenz», protestiert er. Der Forscher, der an den Universitäten Yale, Northwestern und Carnegie Mellon tätig ist, befürchtet, dass sich ein altbekanntes Szenario wiederholen wird: Anfang der 1970er und Ende der 1980er Jahre gab es zweimal einen Hype um die künstliche Intelligenz, beide Male folgte aber eine «Dürreperiode». Die übersteigerten Erwartungen lösten sich auf, das öffentliche Interesse erlosch, die Geldquellen versiegten. «Im Moment ist die Presse begeistert, bald wird sie sich jedoch wieder anderem zuwenden. Das Problem ist, dass dann die Forschung über KI erneut zum Stiefkind wird. Das finde ich schade.»

Das Steak und der Haarschnitt

Worum handelt es sich dann, wenn nicht um Intelligenz? «Das sind Beispiele für ein Pattern Matching (Musterabgleich, A.d.R.)», antwortet Schank. «Facebook verwendet dieses Verfahren, um Ihr Gesicht auf Fotos zu identifizieren.» Mit anderen Worten: Die Maschinen generieren Motive – das Schema eines Moleküls, den Regenerationsplan eines Strudelwurms –, die sie dann mit Mustern in bestehenden Datenbanken vergleichen. «Wissenschaftler hingegen machen auf eine ganz andere Art Entdeckungen: Am Anfang steht die Ratlosigkeit. Dann formulieren sie eine Hypothese zum Phänomen, das sie nicht verstehen, und testen diese. Genau diesen Prozess nennt man Wissenschaft.»

Roger Schank erzählt gern eine Geschichte, um den Unterschied zwischen menschlichem Entdecken und automatischem Lernen zu veranschaulichen. Er nennt sie «Das Steak und der Haarschnitt»: «Ich diskutierte mit einem Kollegen in Yale und beschwerte mich, dass es mir nie gelingt, ein Steak zu bekommen, das wirklich ‹saignant› ist: Das Fleisch kommt immer zu lange gebraten auf den Tisch. ‹Weshalb bloss?›, fragte ich mich. ‹Ich habe früher in England gelebt, und dort schaffte es kein Coiffeur, mir einen Flattop zu schneiden›, meinte mein Kollege nur. Heureka! Jede der beiden Geschichten erklärt die andere. Auf einer höheren Abstraktionsebene sind sie identisch. Wir haben es in beiden Fällen mit Personen zu tun, die problemlos fähig wä-

«Bei Wissenschaftlern steht vor einer Entdeckung die Ratlosigkeit.»

Roger Schank

ren, die verlangte Leistung zu erbringen, die jedoch die Anweisung nicht ausführen, weil sie diese als zu extrem empfinden.» Und die Moral von der Geschichte? «Ein menschliches Gehirn erbringt diese Abstraktionsleistung mühelos. Es ist in der Lage, eine Sache so zu betrachten, als wäre es eine andere. Die Motivation schöpft es daraus, dass wir von Natur aus Ziele haben: unseren Appetit sättigen, unsere Neugierde stillen, die durch etwas Unbekanntes geweckt wurde.»

So funktioniert unser Gehirn. Doch die neue Welle der Forschungsarbeiten und Applikationen im Bereich der KI seit Ende der 1990er Jahre zielt nicht mehr darauf ab, das kognitive Modell des menschlichen Geistes nachzubilden. Diese Wende öffnet die Tür zu einer ganz neuen Wissenswelt, bei der das Know-how durch automatisches Lernen aus Megadaten entsteht. Diese Neuausrichtung hat die KI aus ihrer Lethargie befreit und bereits Früchte getragen: Vorschläge zum Weiterstöbern bei Amazon, Siri, den Sieg von AlphaGo über einen der besten Go-Spieler der Welt oder auch die Voraussage der Genexpression eines Bakteriums gemäss einer Studie der Universität Pennsylvania von 2016.

Zur Freude der Maschine

Doch kann diese Technologie wirklich wissenschaftliche Erkenntnisse hervorbringen? Oder braucht es dazu das existenzielle Bedürfnis, zu verstehen, den Drang, zu wissen, eine «libido sciendi», wie der Heilige Augustinus es formuliert hätte?

Wie sieht das Jürgen Schmidhuber, Co-Direktor des Instituts Dalle Molle für Forschung im Bereich künstliche Intelligenz (Idsia) in Lugano? Über ihn schrieb die New York Times im November 2016: «Wenn die KI erwachsen geworden ist, wird sie ihn vielleicht ‹Papa› nennen.» Er entwickelte 1997 den Ansatz des «long short-term memory», den heute Programme zur mündlichen Spracherkennung nutzen. Er ist der Ansicht, dass im Gehirn von Wissenschaftlern, Künstlern und Babys, aber auch in künstlichen neuronalen Netzen vergleichbare Belohnungssysteme wirken können. Diese verschiedenen Formen von Intelligenz können Genugtuung empfinden, wenn sie im Chaos der Welt Wiederholungen und Regelmässigkeiten entdecken, die ihnen zuvor unbekannt waren.

«Stellen Sie sich ein Programm vor, das eine Bilderreihe modellieren soll, die hundert fallende Äpfel zeigt», erklärt der Forscher. «Ohne die Wirkung der Schwerkraft zu kennen, braucht es sehr viele Bits, um die Daten zu codieren. Sobald jedoch diese Regelmässigkeit erkannt wurde, kann das Programm sie verwenden, um Voraussagen zu machen. Und so benötigt es weniger Bits, um die Information zu speichern. Dieser Unterschied zwischen vorher und nachher, das heisst diese Kompression der Daten, misst die Tiefe der neuen Kenntnisse, die das Netz erworben hat. Dies löst ein Signal der Belohnung aus, ein Moment innerer Freude für das Netz, sozusagen.»

Entdeckungen werden belohnt

Jürgen Schmidhuber hat diesen Belohnungsmechanismus in seiner formellen Fun- und Kreativitätstheorie formalisiert. Er vergleicht ihn mit der Erfahrung, die ein Musiker macht, wenn dieser eine Harmonie entdeckt, und auch mit dem Humor: «Wenn die Pointe eines Witzes eine unerwartete Wendung in der Geschichte bringt, können plötzlich Daten komprimiert werden. Dann lachen wir. Dieses Phänomen ist zentral, um Maschinen zu programmieren, die über eine künstliche Neugierde verfügen und Entdeckungen machen. Dafür muss das Netz als Duo funktionieren», erklärt der Forscher. «Auf der einen Seite steht der Generator, der Aktionen und Experimente durchführt, die Daten generieren; seine Motivation schöpft er aus dem Bestreben nach einer Maximierung der Belohnungen. Auf der anderen Seite steht das Modell, das jedes Mal eine Belohnung schickt, wenn es eine neue Regelmässigkeit entdeckt und dadurch Daten komprimieren kann. Ein solches System muss man einrichten, um einen künstlichen Wissenschaftler zu schaffen.»

«Das neuronale Netz von Insilico Medicine verwendet ein solches duales System», sagt Polina Mamoshina, Genetikerin und Informatikerin, die am Projekt mitarbeitet. «Der Datengenerator ist so programmiert, dass er virtuell und zufällig molekulare Strukturen schafft. Der Diskriminator trainiert mithilfe von Datenbanken, Moleküle zu erkennen, die fähig sind, das Wachstum von Tumoren zu hemmen. Am Anfang besteht das Ziel des Generators darin, den Diskriminator in die Irre zu führen, damit dieser falsche Identifikationen vornimmt und daraus lernen kann.

«Bei der Pointe eines Witzes können wir plötzlich Daten komprimieren. Dann lachen wir.»

Jürgen Schmidhuber

Von den 60 Molekülen, die der Generator gefunden und der Diskriminator validiert hat, wurden einige bereits als Wirkstoffe gegen Krebs patentiert. «Das ist ein ermutigendes Zeichen für die Präzision des Systems», ergänzt Mamoshina. «Wir werden nun den Prozess der Validierung der übrigen Moleküle *in vitro* und später *in vivo* in Angriff nehmen.» Für die Forscherin revolutioniert dieser Ansatz die Disziplin: Anstatt blind eine grosse Menge von Verbindungen zu durchsieben, besteht das Ziel darin, Medikamente mit massgeschneiderten Eigenschaften zu schaffen.

Während wir auf neugierige Maschinen von Jürgen Schmidhuber warten und auf Systeme, welche die Parallelen zwischen den Geschichten vom Steak und vom Haarschnitt von Roger Schank erkennen, werden das automatische Lernen und die Megadaten die wissenschaftliche Praxis revolutionieren. An der Universität Bristol ruft Nello Cristianini, Professor für künstliche Intelligenz, dazu auf, diese neuen Instrumente positiv aufzunehmen, den Anwendungsbereich aber genau abzustecken:

«Ich arbeite seit 20 Jahren mit maschinellem Lernen. Ich kann sagen, dass es funktioniert. Die Maschine ist in dem Sinne lernfähig, als sie ihre Leistung mit zunehmender Erfahrung verbessert.»

Bereits heute können diese Ansätze einen beträchtlichen Teil der Gewinne von Amazon generieren, wenn die richtigen Bücher den richtigen Leuten empfohlen werden. «Es ist bemerkenswert, dass diese Algorithmen weder ein psychologisches Modell jedes Anwenders enthalten noch ein Modell mit einer Literaturkritik für jedes einzelne Buch», sagt Cristianini weiter. «Sie führen rein statistische Überlegungen durch: Leute mit bestimmten Merkmalen und einem bestimmten Verhalten haben bestimmte Bücher gekauft. Daraus resultiert eine wichtige Erkenntnis: Es ist möglich, eine Prognose zu machen, ohne eine Theorie zu haben.»

> «Ich arbeite seit 20 Jahren mit maschinellem Lernen und kann bestätigen, dass es funktioniert.»
>
> Nello Cristianini

Doch lässt sich dieses Modell wirklich auf die Wissenschaft übertragen? «Es gibt keinen philosophischen Grund, der dagegen spricht», antwortet der Forscher. «Ein Computer könnte Molekülmodelle erstellen und ihre Toxizität voraussagen. Was damit gewonnen wäre? Dass ein Medikament *in silico* entwickelt werden könnte, ohne alle möglichen Moleküle herstellen und sie an Mäusen testen zu müssen. Was damit verloren wäre? Dass man nicht weiss, weshalb das Medikament funktioniert.»

Da man nicht weiss, welcher Logik die Maschine folgt, ist das automatische Lernen eine Black Box. Diese Intransparenz ist laut Cristianini insbesondere ausserhalb der akademischen Welt heikel: «Wenn die Algorithmen den Zugang zu Rechten regeln, zum Beispiel wer an eine Schule aufgenommen wird oder eine Versicherung abschliessen kann oder wer auf Bewährung entlassen wird.»

Das Ende der Theorie?

Kann diese Art des Lernens noch als Wissenschaft bezeichnet werden? «Man darf sich nichts vormachen», fährt Nello Cristianini fort. «Falls man mit maschinellem Lernen dank korrekter Prognosen Geld machen kann, werden wir wohl schrittweise neu definieren, was wir unter Wissenschaft verstehen. Die Gelder für die Forschung werden in erfolgversprechende praktische Anwendungen fliessen, während es schwierig werden dürfte, andere Ansätze zu finanzieren.» Ist zu befürchten, dass «das Ende der Theorie» kommt, wie es Chris Anderson ausrief? 2008 prophezeite der Verantwortliche des Magazins Wired, dass die Datenflut die wissenschaftliche Methode überflüssig machen werde.

«Man muss sich fragen, worin das Ziel von Theorien besteht», antwortet Nello Cristianini. «Für mich ist die Antwort glasklar. Eine schöne Theorie der Mechanik oder der Thermodynamik zu entwickeln, ein Stück unseres Universums zu verstehen – das ist ein unermesslicher kultureller Wert. Wir müssen die Funktionsweise der Welt und von uns selber kennen.» Eine gute Theorie hat einen konkreten Wert. «Eine Black-Box-Prognose reicht nicht aus, wenn viel auf dem Spiel steht, zum Beispiel, wenn eine Sonde auf den Mars geschickt oder eine chirurgische Operation geplant wird. In diesen Fällen will man genau wissen, was passieren würde, wenn man diesen oder jenen Parameter ändert. Dies erfordert kontrafaktische Überlegungen, die nur mit Theorien realisierbar sind.»

Auf der einen Seite probabilistische Maschinen, auf der andern Seite menschliche Wesen, die vom Wunsch geleitet werden, zu verstehen. Die in ihren biologischen Funktionen verwurzelt sind und Theorien aufstellen. Werden die Maschinen die Menschen ersetzen? «Genau festgelegte Aufgaben können Maschinen übernehmen», bestätigt der Forscher Cristianini. Beispiele? «Ein Protein zeichnen, von dem die Aminosäuresequenz bekannt ist. Ausgehend von einem vollständigen menschlichen Genom mit drei Milliarden Buchstaben die 20 000 Gene finden, aus denen es besteht … Doch die Bedeutung und Tragweite der Entdeckung zu erkennen wird dem Menschen vorbehalten bleiben.»

In den Sozialwissenschaften ist eine analoge Arbeitsteilung denkbar. Cristianini arbeitet mit Historikern zusammen, um die historischen Transitionen in der englischen und italienischen Geschichte anhand der systematischen Lektüre von Zeitungen zu messen. «Niemand kann 500 Millionen Artikel lesen. Deshalb geht die Maschine sie für uns durch. Weshalb dieses oder jenes Resultat wichtig ist, erklärt dann aber der Historiker.»

Ergänzung: Auch Jürgen Schmidhuber ist von diesem Konzept überzeugt. «In den wissenschaftlichen Laboratorien und anderswo werden Maschinen monotone Arbeiten erledigen, die für Menschen eigentlich unattraktiv sind. Dadurch gehen sicher Arbeitsplätze verloren. Wir werden deshalb als ganze Gesellschaft dafür zu sorgen haben, dass die Gewinne verteilt werden. Dies wird über ein bedingungsloses Grundeinkommen, Robotersteuern oder andere Mechanismen geschehen müssen.» Die durch die Automatisierung der Wissenschaft aufgeworfenen Fragen bleiben ebenso offen wie die epistemologischen. Ist eine automatische Vorhersage wissenschaftliches Wissen? Nello Cristianini stellt sich dieser Herausforderung: «Gerade habe ich zwei Wissenschaftsphilosophen eingestellt, die über diese Frage nachzudenken beginnen.»

Nic Ulmi ist freier Journalist in Genf.

He starts to shake.

H (CONT'D)
It may never be forgiven, but that is just too bad. I have to leave, but I'm not free of the world.

C
Yes. Perhaps I should take it from here. I'm not going to do something.

H
You can't afford to take this anywhere. It's not a dream. But I've got a good time to stay there.

C
Well, I think you can still be back on the table.

H
Mmm. It's a damn thing scared to say. Nothing is going to be a thing but I was the one that got on this rock with a child and then I left the other two.

He is standing in the stars and sitting on the floor.

Benjamin ist der erste automatische Drehbuchautor der Welt. Konzipiert wurde er von Ross Goodwin und dem Filmemacher Oscar Sharp. Die Szene aus seinem ersten Film Sunspring gibt eine Ahnung davon, wie lang er wohl noch üben wird, bis seine Dialoge und Geschichten auch für menschliche Betrachter Sinn ergeben.
Bild: thereforefilms.com/sunspring

Sprechen vous English?

Wenn Deutsch oder Französisch auf dem Studiengang steht, ist immer öfter auch Englisch drin. Viele Hochschulen sehen dies als Schicksal. Es könnte aber anders sein. *Von Pascale Hofmeier*

Der Psychologieprofessor aus Deutschland lehrt an der Universität Genf im Bachelor – auf Englisch. Der Studiengang Kunstgeschichte wird laut Webseite der Universität Zürich in der Unterrichtssprache Deutsch durchgeführt, und doch taucht ein englischer Kurs auf. Mit der globalisierten Forschung kommt eine wissenschaftliche Elite in die Schweiz, die Studentinnen und Studenten auf Englisch unterrichtet. Meist ist es nicht die Muttersprache der Dozenten. Tendenz steigend, das bestätigen Hochschulen in Basel, Bern, Genf und Zürich auf Anfrage. Statistiken, wie gross der Anteil Englisch unterrichteter Kurse auf Bachelor- und Master-Stufe ist, gibt es keine.

Die Etikette kann täuschen

Englisch als Unterrichtssprache könne eine weitere Schwierigkeit im Studium sein, findet Josef Stocker vom Verband der Schweizer Studierendenschaften (VSS): «Für Studienanfänger ist die Sprache eine zusätzliche Hürde.» Diese sei nicht unüberwindbar, und in vielen Fächern sei Englisch als Unterrichtssprache auch sinnvoll. Selber Student der Mathematik sieht er die Notwendigkeit klar, sich auch im internationalen Umfeld verständigen zu können. Dennoch sei mit der Unterrichtssprache Englisch für viele Studierende zusätzlicher Lernaufwand verbunden, sagt Stocker. «Mehr Transparenz seitens der Hochschulen darüber, wie hoch der Anteil an englischsprachigen Veranstaltungen ist, wäre wünschenswert.» Heute würden teilweise Reglemente missachtet, weil das Personal fehle, um in der Landessprache zu unterrichten, sagt Stocker. Auch wäre es hilfreich, wenn die Hochschulen Studierende aktiv dabei unterstützen würden, das notwendige Sprachniveau zu erreichen.

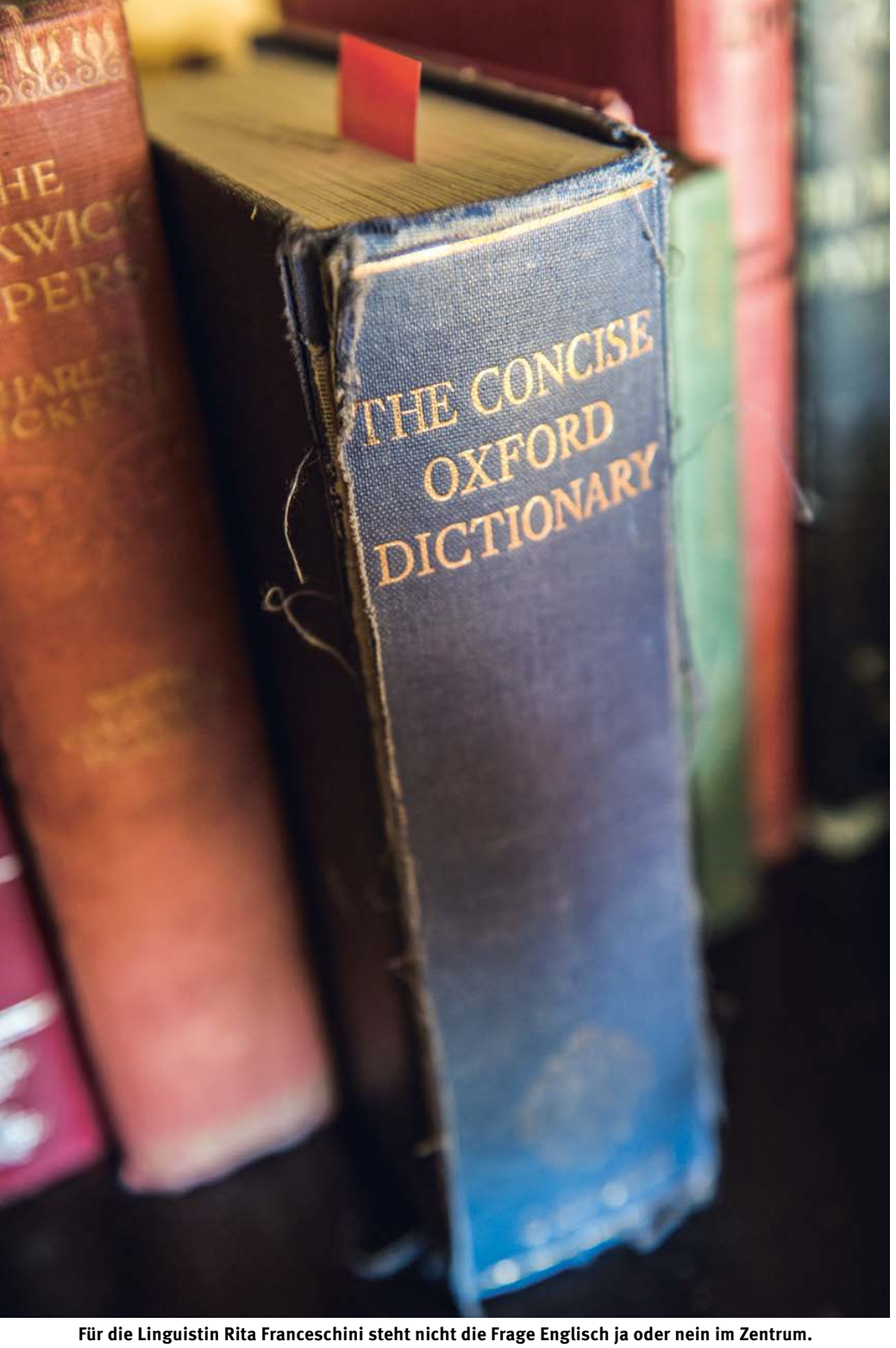
Die Reglemente, Weisungen und Sprachpolitiken der Hochschulen fallen sehr unterschiedlich aus und oft auch vage. Eine Weisung der ETH Zürich aus dem Jahr 2010 hält fest, dass die Unterrichtssprache im Bachelor grundsätzlich Deutsch ist – aber auch Englisch oder Französisch sein kann und je nach Studienreglement «festgeschrieben» werden kann. Die EPFL schreibt auf ihrer Webseite: Unterrichtet wird auf Französisch und Englisch, wobei im ersten Bachelor-Jahr hauptsächlich auf Französisch doziert wird. Ab dem zweiten Jahr können bis zu 50 Prozent der Kurse Englisch sein, heisst es weiter. Abhängig vom Curriculum des jeweiligen Angebots ist das Master-Studium mehrheitlich Englisch, mehrheitlich Französisch oder eben bilingue. An der Universität Basel wird im Bachelor «mehrheitlich Deutsch» unterrichtet. Und an der Universität Zürich bestimmen die Fakultäten selber.

Grosse Unterschiede bestehen je nach Fachbereich. In den Naturwissenschaften, Life-Sciences und Sozialwissenschaften führt kein Weg mehr an Englisch vorbei und auch in den Geisteswissenschaften immer weniger. Pessimisten befürchten darum eine Verarmung der Wissenschaft durch die einheitliche Sprache, Optimisten sehen in einer Lingua franca der Wissenschaft eine Chance auf universelle Verständigung.

Ohne Englisch geht's nicht, sagt Gerd Folkers, Präsident des Schweizerischen Wissenschafts- und Innovationsrates (SWIR): «Studierende müssen Quellen und Artikel im Original lesen können.» Er unterstützt die Forderung nach einem transparenteren Umgang mit den Unterrichtssprachen an den Schweizer Universitäten: «Es wäre zentral, die Spielregeln bekanntzugeben.» Er rät anstelle von Zufallsentscheiden zu einem bedachten Umgang mit der Fremdsprache: «Es geht um das Mass und darum, eine adäquate Sprache für die Inhalte zu finden.»

> «Studierende müssen Quellen und Artikel im Original lesen können.»
>
> Gerd Folkers

Damit spricht er eine für die Wissenschaft zentrale Unterscheidung an: Viele wissenschaftliche Inhalte werden relativ unabhängig von sprachlichen Konstruktionen beschrieben, in einer sogenannten Theoriesprache. Deutlich wird dies in sehr formalisierten Wissenschaften wie zum Beispiel der Mathematik. Diese Inhalte wiederum werden in einer Sprache unterrichtet, diskutiert oder berichtet – Deutsch, Französisch oder eben Englisch. Folkers, der Chemie an der ETH Zürich unterrichtet, illustriert dies folgendermassen: «Wenn ich in der Deutschschweiz auf Englisch über die biochemische Wirkung von neuen Antibiotika doziere, ist das kein Problem, denn ich verwende die Theoriesprache. Spreche ich aber über deren mögliche Anwendung in der Schweinemast und die problematischen Folgen für die



Für die Linguistin Rita Franceschini steht nicht die Frage Englisch ja oder nein im Zentrum. Viel wichtiger ist für sie, wie gut jemand die Unterrichtssprache beherrscht. Bild: Valérie Chételat

Menschen, ist Deutsch unter Umständen die bessere Sprachwahl, weil sich komplexe interdisziplinäre Sachverhalte in der Muttersprache besser im Gehirn ordnen.»

Geplante Mehrsprachigkeit

Gerd Folkers plädiert darum für einen bewussteren Umgang mit der Mehrsprachigkeit. Englisch habe sich als Minimalkonsens durchgesetzt: «Aber ist ausgerechnet eine Hochschule der Ort, an der man sich auf den kleinsten gemeinsamen Nenner einigen sollte?» Mutig wäre aus seiner Sicht, über Sprachkurse, -gruppen und Tutorien einerseits die Sprachkenntnisse in Englisch zu verbessern, andererseits die Mehrsprachigkeit zu pflegen, um wissenschaftliche Diskurse in der jeweiligen Erstsprache zu fördern. Denn: Wie gut kann der Biologe, der in seinem Fachgebiet hauptsächlich auf Englisch unterrichtet wurde, an der Gemeindeversammlung das Naturschutzprojekt auf Deutsch oder Französisch erklären?

Linguistikprofessorin Rita Franceschini hingegen fordert ein Umdenken. «Ich wünschte mir eine dynamischere Entwicklung, eine echte Mehrsprachigkeit.» Statt Englisch als Problem zu betrachten, sollten die Universitäten die Mehrsprachigkeit bewusster planen.

Anstelle von einer Sprache zu einem Zeitpunkt sollen Konzepte und Begriffe wenn möglich in mehreren Sprachen parallel eingeführt werden, zum Beispiel auf Englisch und in einer Landessprache. Denn: «Absolut einsprachiger Unterricht ist nicht mehr haltbar», ist Franceschini überzeugt. Durch die internationale Mobilität würden Sprachbiografien vielfältiger. Und damit meint sie nicht nur Englisch, das oft die Zweitsprache der Unterrichtenden ist: Wenn der Professor oder die Professorin Wurzeln in der italienischen Schweiz hat, in Deutschland aufgewachsen ist und in England studiert hat, kann er oder sie unter Umständen besser auf Englisch argumentieren als auf Deutsch oder Italienisch. Sprache sei das Mittel, um neues Wissen zu vermitteln. «Die Frage ist, wie man Studierende dazu bringt, sich dieses Wissen anzueignen», sagt Franceschini. Ein Weg sei, an vorhandenes Wissen anzuknüpfen.

> «Absolut einsprachiger Unterricht ist nicht mehr haltbar.»
>
> Rita Franceschini

Dies könne auf Englisch oder in einer Landessprache gelingen – abhängig von der Kompetenz der unterrichtenden Person. «Das sollte stärker berücksichtigt werden als das Sprachkonzept einer Universität.»

Eine Landessprache als Pflicht?

Franceschini unterrichtet an der Universität in Bozen, im Norden Italiens. Das Sprachkonzept der Universität nimmt Rücksicht auf den dreisprachigen Kulturraum: Deutsch, Italienisch und Ladinisch. Professorinnen und Professoren werden mit finanziellen Anreizen motiviert, Deutsch oder Italienisch zu lernen, «zumindest als Alltagssprache», damit sie die Studierenden abholen können. «Auch an den Schweizer Universitäten wären solche Sprachkonzepte wünschenswert», sagt Franceschini. Die Realität ist jedoch eine andere, trotz Viersprachigkeit. Erst wenige Hochschulen haben ein Sprachkonzept, das den Umgang mit den Landessprachen und mit Englisch regelt; eine ist die Universität Genf. Und auf die Frage, ob Professorinnen und Professoren aus dem Ausland eine der Landessprachen lernen sollten, ist die Antwort föderalistisch: Das entscheidet jede Universität selber.

Pascale Hofmeier ist Wissenschaftsredaktorin des SNF.

INTERVIEW

«Die Wissenschaft sitzt mit am Tisch der Staatsoberhäupter»

2019 soll der erste Weltnachhaltigkeitsbericht der Uno erscheinen, der Global Sustainable Development Report (GSDR). Der Berner Geograf und Professor für Nachhaltige Entwicklung Peter Messerli wurde zum Co-Vorsitzenden des 15-köpfigen Expertengremiums ernannt. Weitreichende Einflussmöglichkeiten der Wissenschaft im höchsten politischen Gremium der Welt locken als Lohn für den engen Zeitplan und hoch gesteckte Ziele.

Welche Aufgaben hat der Weltnachhaltigkeitsbericht?
An der Nachhaltigkeitskonferenz 2012 in Rio haben die Uno-Mitgliedsstaaten entschieden, den Wissensaustausch zwischen Politik und Wissenschaft zu stärken. Der Bericht ist wichtig für die Umsetzung und Kontrolle der Entwicklungsziele der Uno-Agenda 2030. Es gibt aber keine simple Zauberformel. Nun geht es darum, mit Fakten und Wissen die Vor- und Nachteile sorgfältig abzuwägen. Nur so können wir faire Entscheidungen treffen.

Mit welcher Strategie wollen Sie diese Herkulesaufgabe bewältigen?
Wir wollen den Bericht in vier grosse Bereiche gliedern. Die Kapitel konzentrieren sich erstens auf die Analyse von Wechselwirkungen der Nachhaltigkeitsziele der Agenda 2030. Zweitens fokussieren wir auf den Umsetzungsprozess: Welche Veränderungen sind überhaupt möglich, und wie gehen wir sie an? Drittens müssen wir die Augen offen halten für neue, in der Agenda 2030 noch nicht berücksichtigte Themen.

Und viertens?
Wir wollen und können die Stimme der Wissenschaft substanziell stärken. Dazu müssen wir die passenden Methoden entwickeln und anwenden, um an der Schnittstelle zwischen Forschung und Politik Lösungen zu finden. Da sehe ich in der Politik und in der Wissenschaft grossen Handlungsbedarf.

Ein weiterer Bericht für die Schublade?
Nein, im Gegenteil. Die Stimme der Wissenschaft wird direkt am Tisch vertreten sein, wenn sich 2019 die Staatsoberhäupter aller Mitgliedsstaaten an der Uno-Vollversammlung treffen werden.

Wie kommt ein Schweizer zu dieser Position?
Die Schweiz ist ein Hotspot für Global-Change-Forschung. In unserem demokratischen System leben wir den Austausch zwischen Politik, Bevölkerung und Wissenschaft. Auch deshalb war die Wissenschaft von Beginn an in der Schweizer Delegation vertreten.
Interview: This Rutishauser

DIE ZAHL

44%

Reduktion des Budgets des brasilianischen Ministeriums für Wissenschaft, angekündigt am 30. März 2017.

DAS WERKZEUG

Unpaywall

Die Erweiterung Unpaywall für Webbrowser erleichtert die Suche nach einer legal verfügbaren Open-Access-Version eines wissenschaftlichen Artikels, der durch eine Paywall vor dem Zugriff geschützt ist. Alternative: OA Button

DAS ZITAT

«Offenheit und Reproduzierbarkeit sind wohl das eigentliche Herzstück der wissenschaftlichen Arbeit, sie können aber auch für ideologische Angriffe missbraucht werden.»
Brian Nosek vom Center of Open Science, in The Atlantic.

FORSCHUNG ERFORSCHT

Wissenschaftliche Artikel immer schlechter lesbar

Forschende des Karolinska-Instituts in Stockholm bestimmten für 707 452 Abstracts, die seit mehr als einem Jahrhundert in 122 wichtigen biomedizinischen Fachzeitschriften erschienen, die Lesbarkeit-Indizes nach Flesch oder Dale-Chall. Diese Indizes erfassen die Anzahl Silben pro Wort, die Anzahl Wörter pro Satz und den Anteil wenig gebräuchlicher Begriffe. Ergebnis: Die Klarheit der Texte nimmt stetig ab. Verantwortlich ist aber nicht nur die zunehmend spezialisierte Forschung, sondern auch die Verwendung von wissenschaftlichem Jargon. doi.org/b5t4

Publikationsbias: Analyse von Metaanalysen

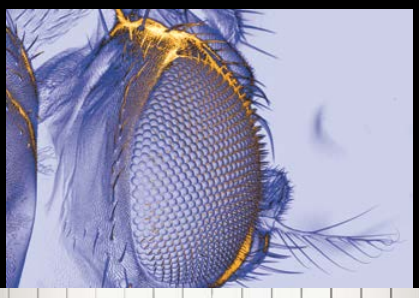
Der Stanford-Epidemiologe John Ioannidis hat Primärpublikationen aus allen wissenschaftlichen Gebieten untersucht, die in 3042 Metaanalysen zusammengefasst sind. Sein Ziel: Die Faktoren besser verstehen, die einen Einfluss auf Verzerrungen bei Publikationen haben (verzerrte Zitierungen, private Finanzierung usw.). Ergebnisse: Die Verzerrungen sind im Durchschnitt sehr schwach und heterogen über die Disziplinen verteilt. In kleinen, frühen, häufig zitierten Publikationen werden die Wirkungen oft übertrieben, insbesondere wenn die Autoren am Anfang ihrer Karriere stehen oder isoliert arbeiten. Unterschätzt werden die Wirkungen dagegen bei Studien, die ausserhalb von Fachzeitschriften veröffentlicht werden. Keinen Zusammenhang fand die Arbeit mit Faktoren wie finanzielle Anreize, Produktivität der Autoren oder Geschlecht. doi.org/b5t6

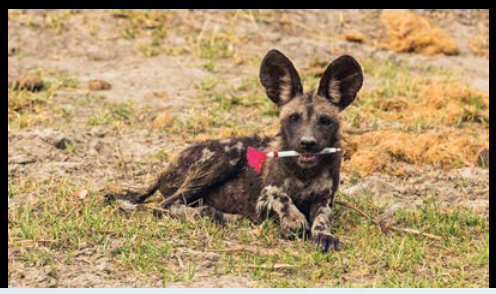
Erweiterung Europas bremst wissenschaftliche Zusammenarbeit

Eine Studie des IMT Lucca (Italien) enthüllt ein Paradoxon: Die internationale Zusammenarbeit ging in den zehn Ländern zurück, die bei der Osterweiterung 2004 der EU beitraten. Der Anteil der Artikel, die in Zusammenarbeit mit Autoren ausländischer Institutionen veröffentlicht wurden, nahm um einige Prozentpunkte auf unter 30% ab, während dieser Anteil in den älteren EU-Mitgliedstaaten oder in Nordamerika weiter stieg. Erklärung: Ambitionierte Forschende haben ihre Heimat verlassen und arbeiten nun bei ihren Forscherkollegen in den reichen Ländern. doi.org/b5t5

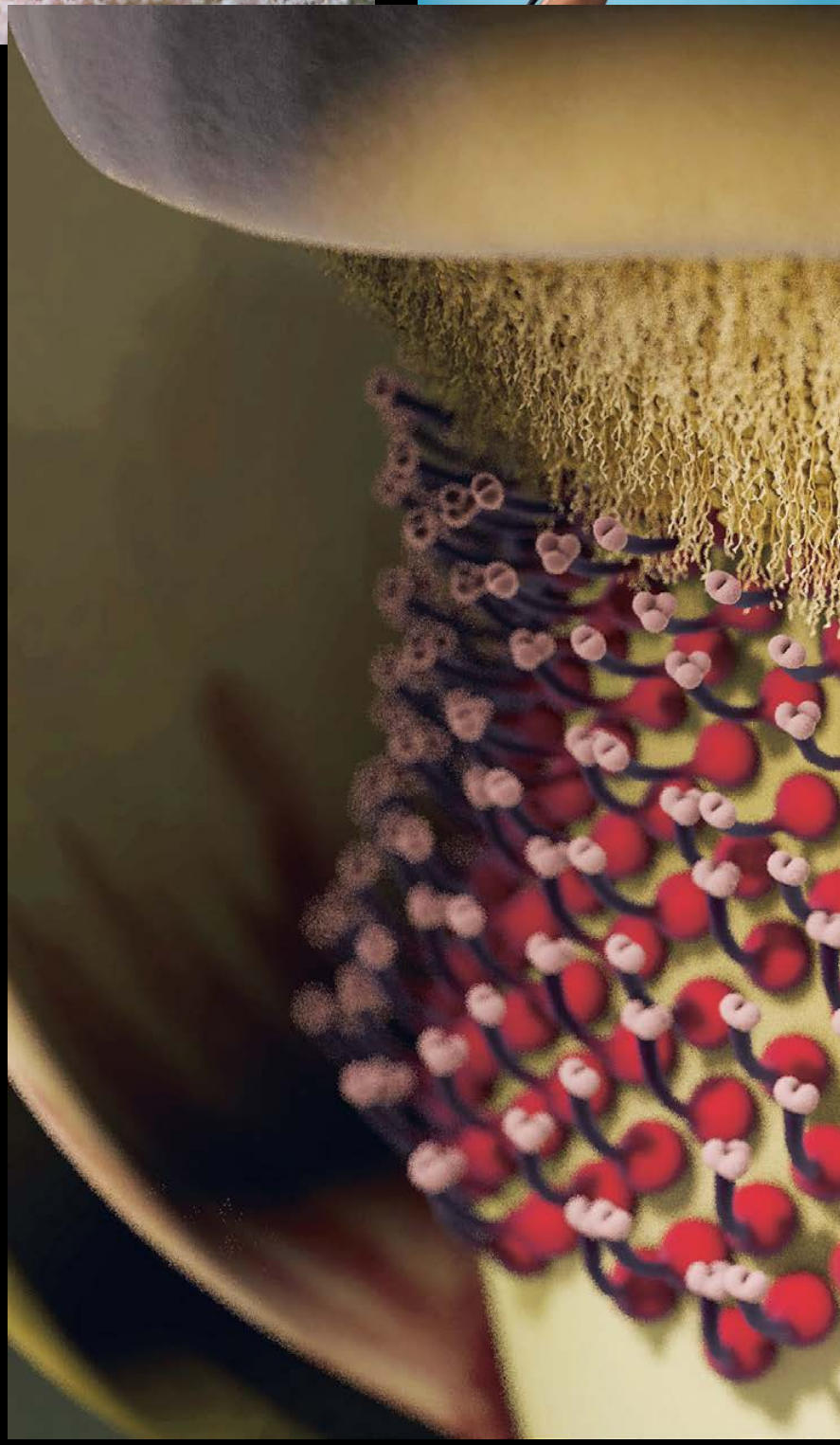
Momentaufnahmen der Forschung

Ein überraschendes und nuanciertes Bild der Wissenschaft zeigen die Bilder, die Schweizer Forschende im Rahmen des SNF-Wettbewerbs für wissenschaftliche Bilder eingereicht haben. Sie lösen Erstaunen aus, inspirieren und erzählen Geschichten. Horizonte-Bildredaktorin Valérie Chételat hat ihre Favoriten ausgewählt, unabhängig vom Jury-Entscheid.





Columbia

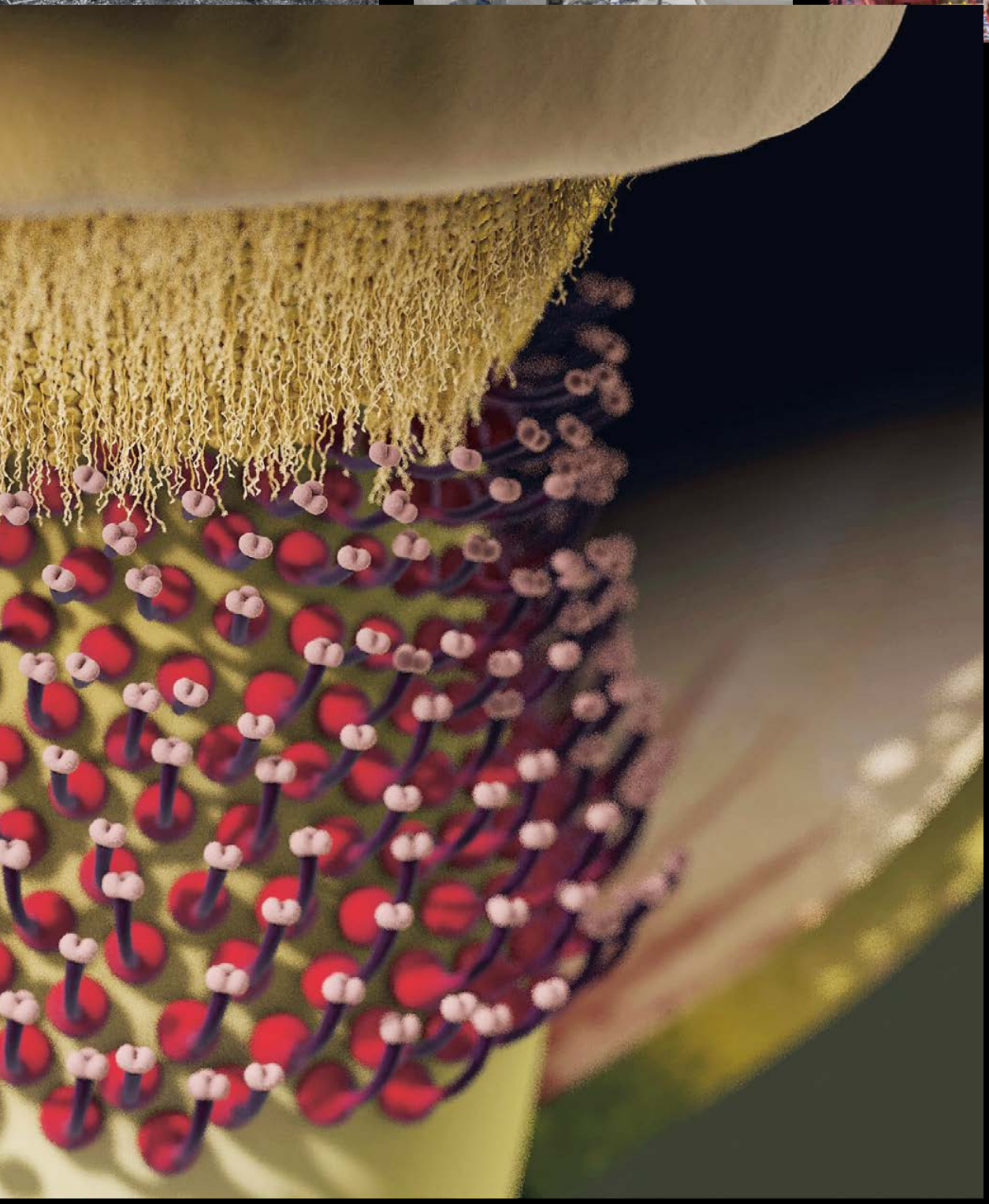


Legende
(Obere Reihe, S. 26–28, von links nach rechts)

- Elektronenmikroskopische Aufnahme eines Drosophila-Auges, Carole Seum (Universität Genf).
- Metro in Peking zur Stosszeit, Max Bergman (Universität Basel).
- Wildhund mit Betäubungspfeil, Dominik Behr (Universität Zürich).
- Ausrichten optischer Linsen, Bogdan Dereka (Universität Genf).
- Lokalisierung von Erdmännchen in der Kalahari-Wüste durch Telemetrie, Hector Ruiz (Universität Zürich).
- Ei in einer Roboterhand, Tobias Bützer (ETH Zürich).
- Schnurkonstruktion im Botanischen Garten von Kapstadt (Auswahl der Jury), Melanie Boehi (Universität Basel).
- Installation einer GoPro-Kamera auf dem Kran einer Abfallverbrennungsanlage, Flavia Caviezel (Hochschule für Gestaltung und Kunst FHNW).
- Brettspiel zur Fruchtfolge, Swen Bos (ETH Zürich).

(Grosse Bilder, S. 25–28)

- Eine Mikrobiologin giesst flüssigen Stickstoff um (Gewinner der Kategorie «Die Forscherinnen und Forscher»), Jürg Sigrist (Eawag).
- Binaurale Tonaufnahme (Auszeichnung der Jury), Ludwig Zeller (Hochschule für Gestaltung und Kunst FHNW).
- Vorbereitung einer Drohne für archäologische Aufnahmen im irakischen Teil Kurdistans, Susanne Rutishauser (Universität Bern).
- Interaktives digitales Modell der Titanenwurz, einer bis zu drei Meter hohen Blume, Alessandro Holler (ZHdK).



SNF-Wettbewerb für wissenschaftliche Bilder

Sie illustrieren, was Forschende bei der Arbeit erleben, und zeigen, wer sie sind: die Bilder und Videos, die im Rahmen des neuen SNF-Wettbewerbs für wissenschaftliche Bilder eingereicht wurden. Teilgenommen haben 239 Personen aus allen Landesteilen, insgesamt wurden 437 Bilder und 60 Videos in vier Kategorien eingereicht: das Forschungsobjekt, die Forscherinnen und Forscher, die Gegenstände und Orte der Wissenschaft sowie Videos.

«Die Bilder zeigen die faszinierende Vielfalt der wissenschaftlichen Forschung», sagt Pascal Hufschmid vom Fotografie-Haus Musée de l'Elysée in Lausanne, Präsident der internationalen Jury, die aus jeder Kategorie einen Gewinner gekürt hat. Mikroskopie-Bilder finden sich keine unter den Gewinnern. Dies könne überraschen, sagt Matthias Egger, Präsident des Nationalen Forschungsrates des SNF. Aber: «Dies unterstreicht den visuellen Reichtum und das Verständnis der wissenschaftlichen Praxis.» Die Wahl der Jury und Links zu den eingereichten Bildern sind verfügbar unter **www.snf.ch/bilder-wettbewerb**. *hpa*

Patientendaten weltweit nutzen

Bereitwillig stellen Patientinnen und Patienten ihre Daten und Proben der Forschung zur freien Verfügung. Bei Biobanken bestehen aber noch einige rechtliche Lücken. *Von Irène Dietschi*

Der Behälter mit den gefrorenen Proben von Blut und anderen Körperflüssigkeiten wird im Berner Inselspital vor dem automatischen Abtransport gescannt. Bild: Insel-Gruppe/Pascal Gugler

Am letzten Tag der Frühlingssession 2017 fordert die Waadtländer SP-Nationalrätin Rebecca Ruiz per Motion die Schaffung eines Biobanken-Gesetzes. «Biobanken, in denen Daten und Proben aus der Behandlung von Patienten gesammelt und ausgewertet werden, gewinnen rasch an Bedeutung», argumentiert Ruiz. «Doch das geltende Recht erfasst sie nur lückenhaft.» 23 Parlamentarierinnen und Parlamentarier unterstützen den Vorstoss.

Anlass war die Ende März abgelaufene Vernehmlassung zum «Generalkonsent», den die Akademie der Medizinischen Wissenschaften und Swissethics ausgearbeitet haben: Unterzeichnen Patientinnen und Patienten im Spital dieses Formular, können ihre Daten und Proben für künftige, noch unbekannte Forschungsprojekte verwendet werden. Universitätsspitäler arbeiten schon länger mit solchen generellen Einverständniserklärungen, wobei sich diese von Kanton zu Kanton unterscheiden. Mit dem Generalkonsent liegt erstmals ein landesweit standardisiertes Formular vor.

Mehr Datensicherheit gefordert

Was die Wissenschaft freut, betrachtet der Patientenschutz mit Sorge. «Es geht nicht an, dass ein so gewichtiger Bereich der biomedizinischen Forschung und der Umgang mit digitalisierten Patientendaten und Proben auf einer lückenhaften rechtlichen Basis beruhen», kritisiert die Berner Rechtsprofessorin Franziska Sprecher, welche die Patientenschutzorganisation SPO vertritt. Die Datensicherheit etwa sei in den Spitälern zu wenig gewährleistet, und bei einem Datenleck stünde der Patient, die Patientin ziemlich einsam da.

Warum ist ein Generalkonsent für die biomedizinische Forschung überhaupt so wichtig? Labormediziner und Pionier Vincent Mooser, der am Universitätsspital Lausanne (CHUV) schon seit 2013 eine Biobank mit Blutproben betreibt, erklärt: «Um auf dem Feld der personalisierten Medizin Erfolge zu erzielen, braucht es Daten von sehr, sehr vielen Personen.» Mooser nennt als Beispiel die CoLaus-Studie, die 2003 in Lausanne gestartet wurde mit dem Ziel, kardiovaskuläre Risikofaktoren zu identifizieren. Die Lausanner Kohorte mit über 6000 Patientinnen und Patienten sei ein Erfolg, doch für weiterführende Resultate müsse das CHUV mit anderen Spitälern kooperieren.

Forschung auf internationalem Niveau

Mit dem Generalkonsent wird es möglich, Daten auszutauschen – innerhalb der Schweiz, aber auch mit ausländischen Laboren. «Wir werden Forschung auf einer ganz anderen Skala betreiben», sagt Mooser. Das sei essenziell, um international wettbewerbsfähig zu bleiben. Andere Länder wie die USA, Grossbritannien, China oder Indien hätten schon längst damit begonnen, Big Data für die Medizin zu nutzen. Im Übrigen sei der Generalkonsent kein Blankoscheck: «Forscherinnen und Forscher brauchen für jedes Projekt eine Zustimmung der Ethikkommission», betont Mooser.

Die Schweizerinnen und Schweizer zeigen kaum Zurückhaltung beim Spenden ihrer Gesundheitsdaten für die Forschung: Am CHUV etwa stimmen drei von vier Patientinnen und Patienten zu, selbst wenn dabei das gesamte Genom analysiert wird. Im Universitätsspital Basel ist der Anteil noch höher. Bis heute seien in Lausanne über 27 000 generelle Einverständniserklärungen zusammengekommen. Dass die entsprechenden Daten und Proben nach höchsten Sicherheitsstandards geschützt werden, ist für Vincent Mooser selbstverständlich.

> «Um auf dem Feld der personalisierten Medizin Erfolge zu erzielen, braucht es Daten von sehr, sehr vielen Personen.»
>
> Vincent Mooser

Am CHUV ist auch die Geschäftsstelle der Swiss Biobanking Platform angesiedelt, zu der sich die grossen Schweizer Biobanken zusammengeschlossen haben. Man begrüsse die Motion von Rebecca Ruiz zur Schaffung eines Biobanken-Gesetzes, ist auf der Website zu lesen. Vorderhand will sich das Netzwerk der Deklaration von Taipeh unterstellen, die der Weltärztebund 2016 verabschiedet hat. In ihr sind Grundsätze für den Betrieb von Biobanken festgeschrieben. Dieses Bekenntnis ist für Rechtsprofessorin Sprecher zwar ein «starkes Signal», aber sie fordert noch mehr: die Deklaration müsse in die Standesordnung der Ärzteschaft aufgenommen werden.

Irène Dietschi ist freie Wissenschaftsjournalistin in Olten.

Die Physik von allem

Der Astrophysiker Kevin Schawinski will herausfinden, wie sich seit dem Urknall Galaxien mit bewohnbaren Planeten entwickelt haben.
Von Christian Weber

Was macht man, wenn man sich eine Million Galaxien anschauen soll, aber eigentlich noch andere Dinge in seinem Leben vorhat? Der Astrophysiker Kevin Schawinski, damals noch ein 26-jähriger Doktorand an der University of Oxford, hatte eine ebenso schlichte wie geniale Idee: Er organisierte sich ein paar hunderttausend Helfer, die ihm diese Arbeit abnahmen, kostenlos und in ihrer Freizeit.

So geht die Geschichte, mit der Schawinski zum ersten Mal mediales Aufsehen erregte. Der heute 36-jährige, an der ETH Zürich lehrende Forscher ist einer der Gründer von Galaxy Zoo, einem der ersten Citizen-Science-Projekte, bei denen Amateure den Profis helfen. Schawinski hatte damals den Auftrag, Galaxien zu klassifizieren: Balken- oder Spiralgalaxie? Sternenhaufen? Oder eine ganz neue Form? Nach einer Woche hatte er erst 50 000 Galaxien geschafft und keine Lust mehr. Bei einem Bier mit einem Kollegen kam er dann auf die Idee, die Web-Seite Galaxyzoo.org aufzubauen, wo jeder per Mausklick Galaxien kategorisieren kann. Bereits nach einem Tag schafften die Freiwilligen 70 000 Klassifikationen pro Stunde; heute beteiligen sich über 350 000 Bürgerwissenschaftler an Galaxy Zoo.

«Das Wichtigste in der Wissenschaft ist Kreativität», sagt Schawinski. Damit meint er nicht nur die Intuition des Forschers, sondern ausdrücklich die Offenheit für alle neuen Ansätze und Methoden, den Blick in andere Disziplinen. Solche geistige Beweglichkeit ist wahrscheinlich ein Grund für die steile Karriere des geborenen Zürchers.

Erfolgsrezept für das 21. Jahrhundert

So sitzt er nun in seinem kleinen, verglasten Büro auf dem Campus Hönggerberg der ETH. Ein Spielzeug-Roboter – NP 5357 – schaut ihm aus dem Regal zu, auf dem Besuchertisch ein Kunstband und ein Buch des amerikanischen Autors Sam Harris über den freien Willen. «Spannendes Buch!», sagt Schawinski und versichert: «Es ist ganz, ganz wichtig, sich breit zu interessieren: Philosophie, Neuro- und Computerwissenschaft, Politik, Wirtschaft! Ich sag meinen Studenten immer, sie müssen sich auch mit solchen Sachen beschäftigen, wenn sie im 21. Jahrhundert Erfolg haben wollen.»

In diesem Moment liegt Emotion in der Stimme des eher trockenen Physikers, der auf die Frage nach der Erhabenheit des gestirnten Himmels antwortet: «Die sinnliche Bindung an den Sternenhimmel ist bei mir eher nicht so gross.» Und den auch die Dimensionen des Kosmos nicht übermässig beeindrucken: «Daran gewöhnt man sich.» Der New York Times sagte er mal, dass er den Mond und das Sternbild Orion finden würde, viel mehr wohl nicht.

Seine Leidenschaft hat eine andere Quelle. «Mich faszinieren die Naturgesetze hinter all dem», ruft er aus. «Ich will die Gesetze der Physik nutzen, um zu erklären, wie es von einer winzigen Quantenfluktuation nach dem Urknall zu einer Galaxie mit bewohnbaren Planeten gekommen ist.»

> «Es ist ganz, ganz wichtig, sich breit zu interessieren: Philosophie, Neuro- und Computerwissenschaft, Politik, Wirtschaft!»

Dabei interessiert den Astrophysiker insbesondere die Rolle der schwarzen Löcher, die – wie man heute weiss – im Zentrum jeder Galaxie stehen und um den Faktor 10 000 bis mehrere Milliarden mal schwerer sind als die Sonne. Sie entwickeln dabei solche Gravitationskräfte, dass sie kein bisschen Licht mehr herauslassen. Als schwarzes Loch wäre die Masse der Erde in einer Murmel von weniger als einem Zentimeter Durchmesser konzentriert.

Schawinski vermutet, dass die schwarzen Löcher eine entscheidende Rolle bei der Evolution des Universums gespielt haben. Welche genau, weiss noch niemand. Trotzdem schwärmt der Forscher vom derzeit «Goldenen Zeitalter der Astrophysik», in dem wir mit jedem neuen Teleskop «völlig neue Phänomene entdecken». Das Alter des Universums sei mittlerweile exakt auf 13,81 Milliarden Jahre bestimmt, und die Existenz der dunklen Materie habe sich bestätigt. Selbst bei dem Problem mit den schwarzen Löchern entwickelt gerade das Team von Schawinski neue Ansätze.

Teleskope oder Computer?

Grundlegend sei die Einsicht, dass im Kosmos extrem unterschiedliche Zeitskalen relevant sind. So sei für eine ganze Galaxie 100 Millionen Jahre ein normaler Zeitschritt, in dem eine bedeutsame Veränderung stattfinde. In einem Quasar hingegen tue sich bereits in nur 100 000 Jahren etwas Relevantes. «Die Frage ist nun, wie wir das alles miteinander verbinden und in unsere Modelle einbringen», sagt Schawinski. Und natürlich, wie man Messdaten über solch lange Zeiträume gewinnt.

«Wir entwickeln Modelle und schauen dann: wo funktioniert's, wo klemmt's?», erläutert Schawinski. Und man kann die Echos vergangener Ereignisse beobachten, schliesslich braucht das Licht vom zentralen Quasar der Milchstrasse einige zehntausend Jahre, bis es die Erde erreicht. Schawinski freut sich auf den für 2018 geplanten Start des James Webb Space Telescope (JWST), mit dem man noch weiter in die Vergangenheit wird schauen können. «Es wird eine wissenschaftliche Revolution auslösen.»

Schawinski sieht schon die Probleme solcher Projekte. «Die Kosten für das JWST nähern sich bereits neun Milliarden Dollar, das muss man natürlich rechtfertigen.» Kevin Schawinski tut sein Bestes, um die Öffentlichkeit von der Bedeutung und Faszination seiner Disziplin zu überzeugen – in Auftritten bei Science-Festivals, Youtube-Videos und mit mittlerweile 22 500 Nachrichten bei Twitter.

Dennoch weiss er, dass auch die Astrophysik nicht allein auf immer grössere und teurere Teleskope setzen darf. Er selber setzt auf die Zusammenarbeit mit Computerwissenschaftlern. In Zukunft sollen die neuronalen Netze der künstlichen Intelligenz (KI) Daten analysieren und Galaxien kategorisieren (siehe auch «Augmented Science», S. 13). Und die begeisterten Hobby-Astronomen vom Galaxy Zoo? «Die brauchen wir trotzdem», versichert der ETH-Professor. Sie sollen in Zukunft Training Maps für die Deep Minds erstellen: also nur kleine Gruppen von Galaxien katalogisieren, an denen die KI-Bilderkennung dann lernen kann, um schliesslich automatisch weiterzuarbeiten. «So werden wir in Zukunft Billionen Galaxien erfassen können.»

Christian Weber ist Wissenschaftsjournalist und arbeitet für die Süddeutsche Zeitung.

Angelsächsische Blitzkarriere

Der 36-jährige Astrophysiker Kevin Schawinski kam in Zürich als Sohn von Radiopionier und Medienunternehmer Roger Schawinski zur Welt. Kevin Schawinski studierte Physik und Mathematik an der Cornell University in Ithaca im Bundesstaat New York (USA) und promovierte in Astrophysik am Christ Church College der Universität Oxford (England). Nach einem Forschungsaufenthalt an der Universität Yale kam er 2012 mit einer SNF-Förderungsprofessur an die ETH Zürich.

Manu Friederich

Vibrierendes Feedback

Die Rückmeldungen des Berührungssinns spielen beim Spiel von Instrumenten eine wichtige Rolle. Forschende verbessern mit ihren Erkenntnissen die Mensch-Maschinen-Interaktion. *Von Roland Fischer*

Wer ein Instrument spielt, möchte vor allem eine Art der Rückmeldung: Es soll klingen. Jeder Klang ist eine Schwingung, die man nicht nur hört, sondern beim Spiel auch spürt. Haptisches Feedback nennen das die Experten.

Matthias Flückiger von der ETH Zürich versucht in seiner Doktorarbeit, das Feedback direkt an Musikinstrumenten zu messen. «Das Musikspiel ist ein komplexes Zusammenspiel verschiedener Sinne. Es läuft nur zum Teil über das Hören», sagt Flückiger. Dieses Zusammenspiel und die Bedeutung der einzelnen Faktoren möchte Flückiger besser verstehen – besonders das vibrotaktile Feedback. Er bestückt Instrumente mit einer Vielzahl hochempfindlicher Sensoren. Diese messen das Spiel des Musikers, seine Position, den Druck, seine Bewegung. Mit kleinen Elementen, die selber Schwingungen erzeugen, sogenannten Aktuatoren, wird die Reaktion des Instruments gesteuert. So kann Flückiger studieren, was passiert, wenn sich das Vibrationsverhalten des Instruments verändert.

Mit Schwingung spielen geht besser

Das interessiert auch Stefano Papetti von der Zürcher Hochschule der Künste (ZHdK). Er hat deshalb ein Digitalpiano mit Aktuatoren ausgestattet, um ihm einen virtuellen Resonanzkörper zu verpassen. Die Aktuatoren reproduzieren Schwingungen, die Papetti an einem akustischen Piano akribisch aufgezeichnet hat, Tastenanschlag für Tastenanschlag. Dann liess er darauf professionelle Musiker spielen, die nicht wussten, was an diesem Digitalpiano besonders war.

Anders als Flückiger fragte Papetti seine Versuchspersonen nach ihrem subjektiven Empfinden. Resultat: Die Musiker merkten einen positiven Effekt, den sie aber zunächst gar nicht benennen konnten. Sobald der Forscher den Profis zeigte, wie das Piano präpariert war, hatten einige die Erkenntnis: «Es war mir gar nicht bewusst, dass mein Instrument schwingt und ich das über die Berührung wahrnehme.» Papetti will diese Arbeit nun in Zusammenarbeit mit dem Integrated Actuators Laboratory (LAI) der ETH Lausanne weiterverfolgen.

Vom Schuh zum Instrument

Denn haptisches Feedback ist nicht nur im Zusammenhang mit Instrumenten relevant, sondern auch bei der Interaktion von Menschen und Geräten. Allerdings: «Wir leben in einer visuell geprägten Welt», stellt Stefano Papetti fest. Deshalb seien die meisten Interfaces für unsere Augen konzipiert. Dabei sei Berührung ein viel subtileres Mittel, um dem Nutzer Rückmeldungen zu geben. Er erwähnt das neuste Apple-Trackpad als Beispiel: Dieses gibt dem Nutzer die Illusion, die Oberfläche würde sich bei Druck vertiefen – und zwar bloss durch den Einsatz von Vibrationen im richtigen Moment.

> Vielen Musikern war nicht bewusst, dass sie die Schwingung mit den Fingern wahrnehmen.

Schon in einer früheren Arbeit wollten Papetti und sein Team an der ZHdK herausfinden, welche Rolle haptischem Feedback beim Lernen und Spielen eines Instruments zukommt. Dazu haben sie ein Gerät gebaut, das misst, welche Schwingungen ein Mensch überhaupt wahrzunehmen vermag. Der Softwareingenieur – selber ein «vernünftiger» Keyboard-Spieler – konnte dabei an frühere Forschung anknüpfen. Er war Teil des grossen EU-Forschungsprojekts Natural Interactive Walking, das Informationen nicht über die üblichen Sinne zu vermitteln versuchte, sondern über die Füsse. Papetti hat Schuhe mitentwickelt, die mit kleinen Vibratoren versehen waren und beim Gehen verschiedene Bodenqualitäten zu simulieren vermochten.

Angewendet auf die Musik ergab der Forschungsansatz Resultate, die die bisherigen Meinungen in Frage stellen. Mit der Haptic-Feedback-Apparatur, einem unscheinbaren Kästchen mit einer Auflagefläche für die Finger, hat Papetti Reiz-Schwellenwerte für vibrotaktiles Feedback ermittelt, die um eine Grössenordnung tiefer liegen als in der Literatur beschrieben. Offenbar kann der Mensch viel subtilere Schwingungen wahrnehmen als bisher angenommen. Das könne bei künftigen Anwendungen von grosser Bedeutung sein, sagt Papetti: Weil der Mensch mit viel feineren Impulsen auskommt, können Berührungs-Interfaces also weniger kraftvoll gebaut werden.

«Berührung ist nun mal die intimste Form der Interaktion», sagt Papetti. Es wäre doch schade, wenn wir sie nicht zumindest ein bisschen auch den Maschinen beibringen könnten.

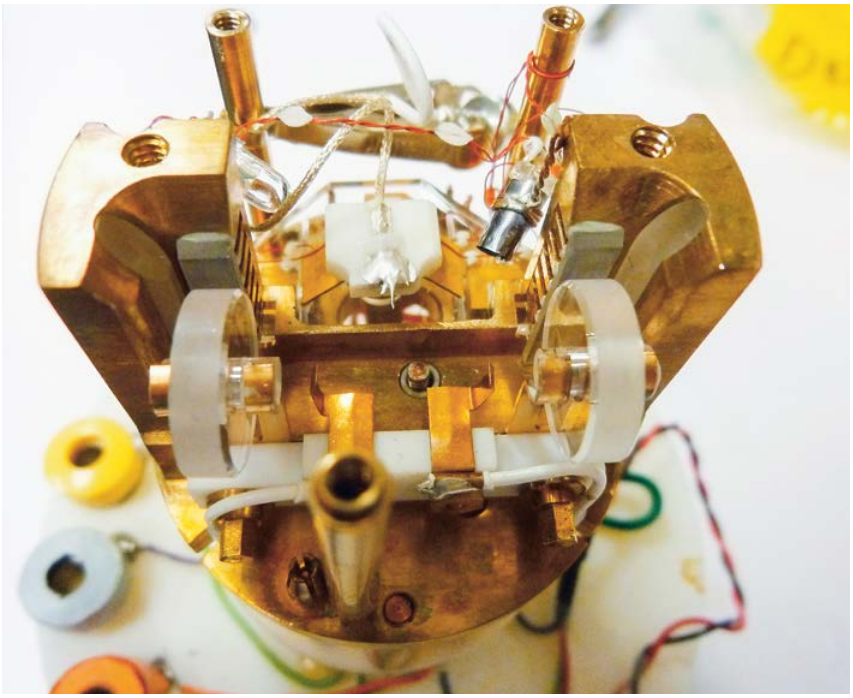
Roland Fischer ist freier Wissenschaftsjournalist in Bern.

S. Papetti et al.: Vibrotactile Sensitivity in Active Touch: Effect of Pressing Force. IEEE Transactions on Haptics (2017)

Der Beschleunigungsmesser zeichnet auf, wie stark die Taste vibriert. Das Wissen haben die Forschenden benutzt, um ein digitales Piano zum Schwingen zu bringen, als ob es ein richtiges Klavier wäre . Bild: Stefano Papetti

Der kleinstmögliche Speicher

Die EPFL und die ETH Zürich führen Pionierversuche zur extremen Miniaturisierung von Datenträgern durch. Sie konnten damit eine Informationseinheit auf einem einzigen Atom speichern.
Von Olivier Dessibourg



Dieses Rastertunnelmikroskop speicherte Information in einem einzelnen Atom. Die Mikroskopspitze liegt in der Iridium-Metall-Wölbung (Bildmitte). Bild: IBM Research, Fabian Natterer

Wo können wir die Unmengen an täglich anfallenden digitalen Daten speichern? Bald werden die aktuellen Speichersysteme nicht mehr ausreichen. Das Mooresche Gesetz, wonach sich die Anzahl Transistoren eines Chips alle 18 Monate verdoppelt, wird zunehmend infrage gestellt. «Grundsätzlich sind noch rund zwanzig Schritte vorstellbar, bis wir schliesslich an eine definitive Grenze der Materie stossen: das Atom. Das entspricht etwa 30 bis 40 Jahren Miniaturisierungsarbeit», erklärt Christopher Lutz, Physiker bei IBM in Almaden (USA). Dieser Weg wurde nun experimentell in einem einzigen Schritt zurückgelegt – ein Meilenstein in einem aufstrebenden Forschungsgebiet.

2016 wiesen die Gruppen von Pietro Gambardella an der ETH Zürich und von Harald Brune an der EPFL nach, dass einzelne Holmium-Atome – ein Metall aus der Gruppe der seltenen Erden – auf bestimmten Flächen eine gewisse «magnetische Remanenz» aufweisen. Die festgestellte Restmagnetisierung eröffnete die Möglichkeit, Informationen zu speichern. Christopher Lutz bei IBM und Fabian Natterer, Forscher in der Gruppe um Harald Brune, konnten nun nachweisen, dass das Schreiben und Lesen von Information bei einzelnen Atomen möglich ist.

Auf ein einzelnes Atom schreiben

Eine Informationseinheit lässt sich auf einem Atom festhalten, wenn es gelingt, dessen Magnetisierung in einem bestimmten Sinn auszurichten, zum Beispiel nach oben oder unten. Nach demselben Prinzip funktionieren auch eine Festplatte, welche die Daten in Bits, also 0 oder 1, ablegt. «Wir haben ein Rastertunnelmikroskop, oder STM, verwendet», erklärt Natterer. Eine feine Spitze wird dabei über die Fläche geführt und tastet diese aufs Atom genau ab. Über ein Eisenatom an der äussersten Spitze kann durch die Holmium-Atome gezielt ein wenig polarisierender Strom geschickt werden, der das magnetische Moment ausrichtet und damit ein Bit speichert. «Und dies dauerhaft», betont Lutz.

Für das Lesen der Information sind gemäss dem Physiker bei IBM zwei Methoden möglich. «Die erste Methode beruht ebenfalls auf elektrischem Strom, der je nach dem magnetischen Zustand des Holmium-Atoms – also je nach der gespeicherten Information – besser oder schlechter fliesst.» Eine vergleichbare Methode werde bei den gängigen Festplatten angewendet, ergänzt Natterer. «Bei der zweiten Methode lässt sich das vom Holmium-Atom erzeugte magnetische Feld in einem bestimmten Abstand feststellen», fügt Lutz an.

Die Anwendung dieser Technologien ist anspruchsvoll und auf bestimmte Bedingungen beschränkt. «Das Ganze funktioniert nur bei einer Temperatur unter 4°K (-269°C) und im Ultrahochvakuum», fährt Lutz fort. «Das System ist sehr empfindlich, weil sich die Holmium-Atome auf der Oberfläche bewegen können», bemerkt Gambardella von der ETH Zürich. So empfindlich, dass intensiv nach weiteren Wegen gesucht wird, um kleinste Einheiten als Informationsträger zu nutzen.

Molekulare Informationen

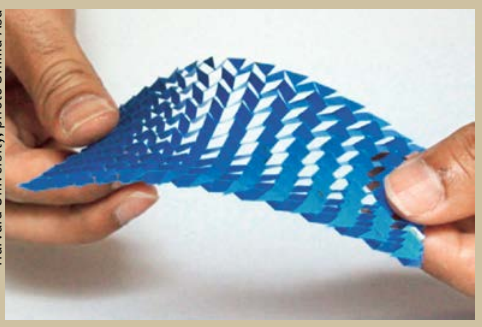
Ein anderer Ansatz beruht auf magnetisierten Molekülen. «Wir verwenden Komplexe mit Dysprosium (Dy), das ebenfalls zu den seltenen Erden gehört», erklärt Florian Allouche, Chemiker an der ETH Zürich. «Diese Moleküle weisen eigentlich keine Gedächtniseigenschaften auf. Wenn man sie aber auf Siliziumdioxid überträgt und so behandelt, dass sich die Dy-Atome auf der Oberfläche verteilen und elektrische Ladungen aufweisen, zeigen diese bei einer tiefen Temperatur magnetische Remanenz.» Die Vorteile dieser Technik? «Die einfache Herstellung und Beschreibung sowie die Möglichkeiten zur Übertragung auf verschiedene Oberflächen.» Der Nachteil? «Noch fehlt es an einer präzisen Struktur für die magnetischen Orte.»

All diese Wissenschaftler sind sich darin einig, dass die heute verwendeten Speichersysteme nicht in nächster Zukunft durch atomare Systeme ersetzt werden können. «Aber die grundsätzliche Machbarkeit ist bewiesen», findet Lutz. «Diese Entdeckung wird dabei helfen, Materie auf atomarer Ebene zu untersuchen», meint Natterer. «Die Magnetisierung in diesem Massstab könnte zu exotischen Materialien führen.» Gambardella wiederum sieht mögliche Anwendungen im Gebiet der Quantencomputer. Für Lutz besteht das Ziel seiner Arbeit darin, «einen möglichst grossen Sprung in die Zukunft zu machen.»

Olivier Dessibourg ist freier Wissenschaftsjournalist in Paris.

—

F. D. Natterer et al.: Reading and writing single-atom magnets. Nature (2017)
F. Allouche et al.: Magnetic Memory from Site Isolated Dy(III) on Silica Materials. ACS Central Science (2017)



Ahmad Rafsanjani and Katia Bertoldi/ Harvard University, photo Shima Asa

Durch schneiden und falten kann das Plastikblatt ein Gewicht von mehr als einem Fünfliber tragen.

Die Kunst des Kirigami inspiriert Ingenieure

Origami, die Kunst des Papierfaltens, war bereits Inspiration für Prototypen des Airbags, chirurgische Sonden und rekonfigurierbare Roboter. Doch starre Elemente zu falten ist nicht einfach, besonders nicht beim Übergang zur industriellen Herstellung. Beim Kirigami fällt diese Schwierigkeit weg. Auch bei dieser Kunst wird ein Blatt Papier in eine dreidimensionale Struktur überführt, schneiden ist jedoch erlaubt. Nun hat Kirigami das Interesse der Ingenieure geweckt.

Ahmad Rafsanjani, Forscher in Harvard, hat mit Unterstützung des SNF ein Computermodell entwickelt, mit dem sich die Auswirkungen von Schnitten auf Materialien besser vorhersehen lassen. «Unser Ziel ist es, die Verformungen über das Muster der Schnitte zu kontrollieren», erklärt der Ingenieur. Das Modell ermöglicht, das Ergebnis vorherzusagen, indem es mit zahlreichen Parametern spielt: mit der Verteilung der Schnitte, dem Material, dessen Stärke oder der entstehenden Spannung.

Die Vorführung des Forschers spricht für sich: Er zieht ein Polyester-Blatt mit einem geometrisch angeordneten Netzwerk von Schnitten auseinander, und es entfaltet sich eine dreidimensionale Figur aus Tälern und Bergen, die bei ausreichendem Kraftaufwand in ihrer neuen Form erstarrt. Die Änderung der dreidimensionalen Struktur hat eine neue Materialeigenschaft zur Folge.

Ahmad Rafsanjani hat nun konkrete Anwendungen im Visier. Ihm schweben mechanische Teile vor, deren Reibung beliebig verändert werden kann. «Wir könnten uns intelligente Pneus vorstellen, deren Profil sich dem Terrain oder der Temperatur anpassen.» Auch rekonfigurierbare Roboter könnten laut Rafsanjani davon profitieren: «Zum Beispiel mit Systemen nach dem Vorbild der Natur, die ihre Haftung auf den Untergrund abstimmen, etwa so wie die Bauchschuppen von Schlangen.» *Lionel Pousaz*

—

A. Rafsanjani and K. Bertoldi: Buckling-Induced Kirigami. Physical Review Letters (2017)

Chiplabor aus dem Tintenstrahldrucker

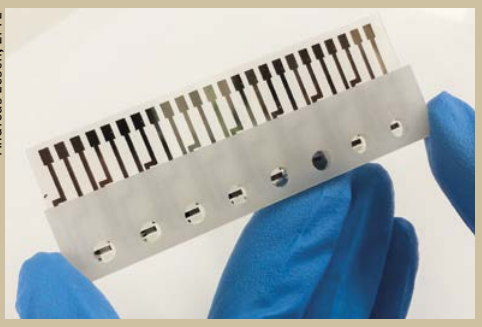
Ein Team der EPFL hat mit dem Tintenstrahldrucker elektrochemische Mikrosensoren gedruckt. Diese eignen sich zur Entwicklung von tragbaren und preisgünstigen Plattformen für biochemische Analysen. Solche Werkzeuge könnten beispielsweise zur Blutanalyse am Patientenbett oder zur Verbesserung der Diagnostik in abgelegenen Gebieten eingesetzt werden.

Im Forschungsprojekt am Labor für physikalische und analytische Elektrochemie der EPFL in Sitten (VS) wurde das Bedrucken von Mikrotiterplatten entwickelt, die aus winzigen Näpfchen zur Aufnahme von Proben bestehen. Mit den Proben – etwa Blut, Urin oder Trinkwasser – lassen sich elektrochemische Immunassays durchführen, eine Reihe von Methoden zum Nachweis bestimmter Substanzen wie Hormone oder Pestizide. «Wir drucken elektrochemische Mikrosensoren mit dem Tintenstrahlverfahren auf die Platten», erklärt Milica Jovic, wissenschaftliche Mitarbeiterin des Projekts. «Die Sensoren bestehen aus jeweils acht unabhängigen elektrochemischen Zellen, die als Elektroden Kohlenstoff-Nanoröhrchen verwenden.» Durch die Kombination aus Kunststoffnäpfchen und Sensoren lässt sich die Platte direkt als Potentiostat im Kleinstformat einsetzen – ein elektronisches Gerät zur Messung elektrochemischer Signale.

Die Forschenden haben ihre Technologie bereits mit dem Nachweis des Hormons Thyreostimulin und des Pestizids Atrazin getestet. «Die Ergebnisse sind sehr präzise», betont ihr Kollege Andreas Lesch. «Der Siebdruck, die heute am häufigsten für die Produktion von Sensoren eingesetzte Technologie, ist weniger flexibel, braucht mehr Zeit und Material und ist weniger zuverlässig.» Vermarktet werden soll diese Technologie aus dem Wallis vom Start-up Sensàsion, das zurzeit gegründet wird. *Geneviève Ruiz*

—

M. Jovic et al.: Inkjet-printed microtiter plates for portable electrochemical immunoassays. Journal of Electroanalytical Chemistry (2017)



Andreas Lesch, EPFL

Acht Näpfchen für elektrochemische Messungen.

Urs Graf

Wetterfronten werden feuchter und stärker.

Starke Regenfälle liegen im Trend

Vom Atlantik hereinziehende Wetterfronten sorgen häufig für starke Regenfälle in der Schweiz. Eine neue Studie könnte erklären, warum diese immer öfter extrem heftig ausfallen.

Für die Studie untersuchte ein Team der Universität Bergen, der ETH Zürich, des rheinland-pfälzischen Landesamts für Umwelt und der Universität Bern die Bildung von Fronten über Mitteleuropa zwischen 1979 und 2013. Dafür berücksichtigten sie Temperatur- und Feuchtewerte, wie in gängigen Wettermodellen. Der analysierte Datensatz kombinierte Beobachtungen wie Messungen von Satelliten und Schiffen mit computergenerierten Simulationen. «Wir konnten zeigen, dass die Anzahl der Fronten zwar konstant geblieben ist», erklärt Erstautor Sebastian Schemm, «aber der Anteil an starken und extremen Fronten über Europa hat signifikant zugenommen.» Für Nordamerika ergab sich kein vergleichbarer Trend.

Für Schemm ist dieses Resultat eine mögliche Erklärung dafür, warum sich extrem starke Niederschläge in einigen Regionen Mitteleuropas in den letzten Jahren gehäuft haben: Denn je stärker die Front, desto stärker typischerweise auch der mitgebrachte Niederschlag. Die Auswertung ergab auch, dass die Ursache für diese Entwicklung in der Zunahme der Feuchte liegt.

Ob dieser Trend im Zusammenhang mit dem Klimawandel steht, geht aus der Studie nicht hervor: «Dafür ist der beobachtete Zeitraum zu kurz, und wir müssten zusätzlich noch ausgefeilte statistische Analysen durchführen», so Schemm. Es sei genauso gut möglich, dass es sich dabei um eine natürliche Schwankung über mehrere Jahrzehnte handle. *Yvonne Vahlensieck*

—

S. Schemm et al.: Increase in the number of extremely strong fronts over Europe? A study based on ERA-Interim reanalysis (1979–2014). Geophysical Research Letters (2017)

Wie kleine Dinge eine ganze Welt erzählen

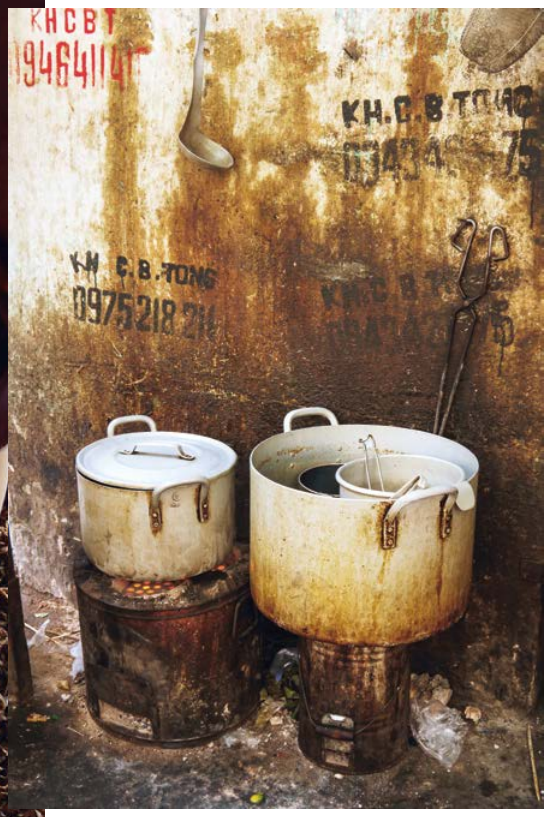
Wie kommt Sternanis in ein Grippemittel? Und Kohle in den Ofen? Die Ethnologin Annuska Derks untersucht, welchen Weg Alltagsdinge in Südostasien nehmen. Dafür hat sie in Vietnam geforscht.

«In Vietnam gehören Kohlebriketts zum Alltag. Aber auch ein weitverbreiteter Gegenstand ist nicht einfach da. Briketts werden hergestellt, transportiert und gehandelt – daran hängen verschiedene Lebenswelten. Ich habe den ganzen Weg der Briketts verfolgt von der Mine bis in die Haushalte und Strassenküchen. Ich sprach mit mehr als 100 Menschen: im Tagebau mit den Bergleuten, ich besuchte Werkstätten am roten Fluss und begleitete die Händler, die die Briketts mit ihren Velos oder Push-Cars durch den chaotischen Verkehr in Hanoi transportieren, und sass neben den Kochtöpfen, unter denen Briketts brannten.

Meine Forschung geht über das eigentliche Objekt hinaus: Das Kohlebrikett war wie ein Fenster zur Analyse der vietnamesischen Gesellschaft. Ich habe viel gelernt über die Beziehungen zwischen dem Staat und dem privaten Sektor, über die Zusammenhänge zwischen Hausorganisation, Gender und Architektur oder über den Aufschwung religiösen Glaubens. Dabei wurde auch deutlich, dass abstrakte Prozesse wie Urbanisierung, wirtschaftliche Entwicklung und Modernisierung – sowie die daraus resultierende Ungleichheit – bis in die Küche beobachtbar sind. Kohlebriketts ersetzen erst seit den 1980er Jahren Holz, weil die Regierung die Abholzung stoppen wollte. Briketts wurden schnell populär, weil sie in spezielle Öfen passen, die man leicht mitnehmen und überall aufstellen kann. Mittlerweile hat sich ihr Image erneut gewandelt: Heute gelten sie als umweltfeindlich.

Gesellschaft ganzheitlich betrachtet

Anhand eines einzigen Gegenstands lässt sich eine Gesellschaft ganzheitlich anschauen. Dabei gibt es auch Überraschungen. Briketts werden nie am ersten Tag des



Links: Im vietnamesischen Hochland angebaut, wird Sternanis nach der Ernte aussortiert. Gehandelt wird er im Tiefland.
Rechts: Die Kocher werden mit Zylindern aus minderwertiger Kohle, sogenannten Bienenstöcken, befeuert.
Bilder: Annuska Derks

Mondkalenders gekauft, weil das – nach Yin-Yang Prinzip – Unglück bringen soll.

Vietnam ist ein sozialistisches Land. Die Kohleminen gehören dem Staat, der den grössten Teil der Kohle exportiert. Neben den offiziellen Abbauorten wird Kohle durch Regen ins Freie gespült oder endet während des Transports auf Strassen. Vor allem Frauen sammeln die Stückchen. Diese Kohle ist minderwertig und wird in kleinen Werkstätten und Familienbetrieben in spezielle Formen gepresst. Endprodukt ist ein typischer Kohlezylinder mit mehreren Röhren, den die Einheimischen ‹Bienenstock› nennen.

Die Händler holen die Briketts mit umgebauten Velos oder neuerdings auch mit Töffs ab. Ich habe sie auf ihren Fahrten zu den Kunden begleitet. Männer und Frauen handeln mit den Briketts. Frauen sind traditionell stark in den Handel eingebunden.

Zusammen mit einer Kollegin von der McGill University in Montreal kam ich auf die Idee für das laufende Sternanis-Projekt. Sie forschte vor allem im Hochland von Vietnam, mein Kohleprojekt war im Tiefland angesiedelt. Uns fiel auf, dass Gewürze diese beiden Regionen verbinden. Sternanis und andere Gewürze werden im Hochland angebaut, geerntet, ins Tiefland transportiert und dort gehandelt, verarbeitet oder nach China und Indien exportiert. Auch die vietnamesische Küche braucht Sternanis – die Nudelsuppe Pho wird traditionell damit gekocht.

Würzen und gegen Grippe impfen

Anhand von Sternanis kann man sehr gut die wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung von Vietnam beobachten. Das Land hat sich mit den Reformen von 1986 gewandelt. Dadurch ist der Preis deutlich angestiegen, was grosse Auswirkungen auf die Anbauregion hatte und natürlich auch auf den Handel. Zudem ist Sternanis für die Pharmaindustrie interessant: Er enthält Shikimisäure, das ist der Wirkstoff des Grippemittels Tamiflu. Nach dem Vogelgrippe-Ausbruch 2005 ist die Nachfrage nach dem Wirkstoff, also auch der Preis für Sternanis stark angestiegen. Danach sank der Preis wieder stark, weil andere Grippemittel auf den Markt gekommen sind und die Pharmaindustrie den Wirkstoff nun künstlich herstellen kann. Für die Menschen hatten diese globalen Veränderungen konkrete Auswirkungen: Einige Bauern, mit denen ich gesprochen habe, ernten ihre Sternanis-Bäume nicht mehr: Es ist zu aufwendig.»

Aufgezeichnet von Anne-Careen Stoltze.

Auf der Suche nach der Beziehungsformel setzen Wissenschaftler in Bern Paare unter Stress und filmen sie beim Verarbeitungsgespräch. Bild: Manu Friederich

Das Geheimnis der glücklichen Paare

Alle haben eine Meinung zu Liebe und Beziehungsleben. Paare im Labor systematisch zu beobachten und zu befragen ergibt fundiertere Antworten. Die Forschung kennt gar einige Formeln für die Liebe.
Von Susanne Wenger

Traute Zweisamkeit in inniger Verbundenheit, möglichst ein Leben lang – danach sehnen sich die meisten Menschen. Trotz steigenden Scheidungsraten und wachsendem Individualismus. Dabei sind die Vorstellungen einer auf Liebe gründenden Partnerschaft historisch gesehen ziemlich jung: Das romantische Konzept setzte sich im 19. Jahrhundert durch. Noch jünger ist die Forschung dazu. Erst seit den 1970er Jahren wird erkundet, was Paare zusammenhält oder auseinandertreibt. Vorher waren Trennungen meist schlicht keine Option. Man blieb zusammen, aus ökonomischen Gründen und weil gesellschaftliche und kirchliche Konventionen es so wollten.

Heute ist das anders. Wie praktisch wäre es also, die wissenschaftlich erhärtete Formel für lang andauerndes Liebesglück zu kennen. Doch da kann die Forschung nur beschränkt dienen. «Die Phase der Verliebtheit dauert in der Regel etwa ein halbes Jahr», weiss Alexander Grob, Professor

für Entwicklungs- und Persönlichkeitspsychologie an der Universität Basel. Danach lege man die rosarote Brille ab und sehe das Herzblatt in einem realistischeren Licht: «Und ab da wird es unglaublich komplex.» Je nach Konstellation und Lebensumständen ergeben sich die vielfältigsten Wechselwirkungen.

Ein wichtiger Faktor ist die Persönlichkeit. Grob hat untersucht, wie die Wesenszüge der Partner und positives Empfinden in der Beziehung zusammenhängen. Resultat: «Emotional stabile, extravertierte, gewissenhafte und sozial verträgliche Menschen mit hohem Selbstwertgefühl erleben Partnerschaften zufriedener.» Besonders wirksam unter den genannten Eigenschaften sind jene, die in der Psychologie mit dem Begriff Neurotizismus zusammengefasst werden: Je emotional labiler, angespannter und ängstlicher das Naturell, desto geringer das Liebesglück. Je stabiler, selbstsicherer und ruhiger dagegen die Persönlichkeit, desto grösser die Chance auf erfülltes Beisammensein.

Das Auge eines liebevollen Partners erkennt brachliegendes Potenzial.

Haben also die Nervösen, die Schüchternen und Introvertierten die schlechteren Karten? Der Psychologe verneint: «Wir sind unserer Persönlichkeit nicht einfach ausgesetzt, sondern können unser Denken und Handeln auch verändern.» Emotional instabile Menschen, die in uneindeutigen Situationen der Partnerschaft sofort das Schlimmste annehmen – «er/sie liebt mich nicht mehr!» –, könnten sich dieses Verhaltens bewusst werden und versuchen, es zu ändern oder abzumildern. «Wenn negative Interpretationen abnehmen, nimmt die emotionale Stabilität zu.» Der Effekt: Man erlebt die Beziehung glücklicher.

Macht es wie Michelangelo

Partner können aneinander wachsen. Menschen mit geringem Selbstwertgefühl erleben sich an der Seite eines zufriedenen Menschen auf die Dauer positiver, sagt Grob. Mehr noch: Paare, die sich gegenseitig dabei unterstützen, das Beste in jedem zum Vorschein zu bringen, leben besonders glücklich und lange zusammen. Das haben US-Forscher um den Psychologen Eli Finkel herausgefunden. Sie nennen es das Michelangelo-Phänomen. Der berühmte Renaissance-Bildhauer vertrat die Haltung, dass in jedem Marmorblock schon das Kunstwerk schlummere. Er müsse es mit umsichtigem, aber beherztem Meisseln und Polieren nur noch herausarbeiten. Bezogen auf die Partnerschaft heisst das: Paare sollten sich gegenseitig so formen und fördern, dass dem Gegenüber ermöglicht wird, seine Ideale und Lebensziele zu erreichen. Als Werkzeuge dienen Empathie und Feinfühligkeit. Wer sie mitbringt, ist der bessere «Bildhauer», die bessere «Bildhauerin» in der Beziehung.

Womöglich erfahren wir sogar Neues über uns selbst. Das Auge eines liebevollen Partners erkennt brachliegendes Potenzial. Was hingegen nie funktioniert: die Liebste oder den Liebsten ändern zu wollen. «Wenn mir etwas an meinem Partner nicht gefällt, kann ich lediglich meinen eigenen Umgang damit beeinflussen», sagt Grob. In einem solchen Fall solle man sich fragen, ob und wie der störende Punkt integriert werden kann.

Auch die Art, wie Paare miteinander reden, beeinflusst das Schicksal einer Beziehung nachhaltig. Das sagt Nathalie Meuwly, Psychologin an der Universität Freiburg: «Partnerschaften mit verständnisvoller, wohlwollender Kommunikation sind glücklicher und stabiler.» Im Austausch bleiben, aufmerksam zuhören, Lob, Komplimente, kleine Gesten der Wertschätzung und Zuwendung – all dies festigt die Partnerschaft sehr und sollte nicht unterschätzt werden. Es lohne sich, das trotz Alltagstrott ganz bewusst zu pflegen, weiss Meuwly. Und wer bisher den Sex in diesem Artikel vermisst hat: Auch Zärtlichkeit und Erotik ist Kommunikation. Sex stellt – ohne viele Worte – Bindung her.

Kleine Gesten, grosse Wirkung

Positive Kommunikation bedeutet nicht, mit dem Partner stets engelszüngig zu reden. Man soll auch Schwieriges ansprechen und Kritik äussern können. Sogar ein Konflikt hin und wieder schade nicht, solang er nicht in Destruktion und Verachtung kippe, sagt Meuwly: «Durch einen Konflikt lassen sich Positionen klären. Und er bietet Gelegenheit zur Versöhnung.» So könnten Intimität und Verständnis zwischen den Partnern wieder neu hergestellt werden. Doch Vorsicht, hier kommt es auf die richtige Mischung an. Die Forschung zeigt: Fünf positive Gesten wiegen eine negative auf. Wer also die Partnerin, den Partner einmal kritisiert, sollte sie oder ihn danach fünfmal Zuneigung spüren lassen. So bleibt die Beziehung im Lot. Doch noch eine kleine Formel! Aufgestellt hat sie ein Pionier der Beziehungsforschung, der US-Amerikaner John Gottman.

Zwei weitere Faktoren, die den Umgang der Partner miteinander betreffen, spielen laut Meuwly eine herausragende Rolle. Erstens: Paare, die sich gegenseitig bei Stress – zum Beispiel Berufsstress – unterstützen können, stabilisieren damit auch ihre Partnerschaft. Zweitens: Konflikte und Probleme gemeinsam zu lösen schweisst Paare ebenfalls zusammen. Bei Stress im Job Support zu geben ist offenbar einfacher, als mit Beziehungsknatsch klarzukommen. «Je nachdem, ob der Stress von aussen an die Beziehung herangetragen wird oder ob er hausgemacht ist, sind andere Kompetenzen gefragt», so Meuwly. Unterschiede zwischen den Geschlechtern hat sie nur wenige gefunden. Frauen unterstützen den gestressten Partner auch dann, wenn sie selbst unter Druck stehen. Männern gelingt das im gleichen Fall weniger gut. Das zeige, so Meuwly: «Wenn beide gestresst sind, wirds gefährlich für die Beziehung.»

Vieles bleibt noch zu erforschen. So weiss man erst wenig über betagte oder gleichgeschlechtliche Paare. Was die Forschung herausfindet, kann unsereins konkret helfen. Seit vielen Jahren bietet die Universität Zürich erfolgreich das Partnerschaftsprogramm «Paarlife» an, entwickelt von Guy Bodenmann. Die Liebe sei wie ein Pflänzchen, schreibt der Professor für klinische Psychologie. Sie gehöre gehegt, sonst verkümmere sie.

Susanne Wenger ist freie Journalistin in Bern.

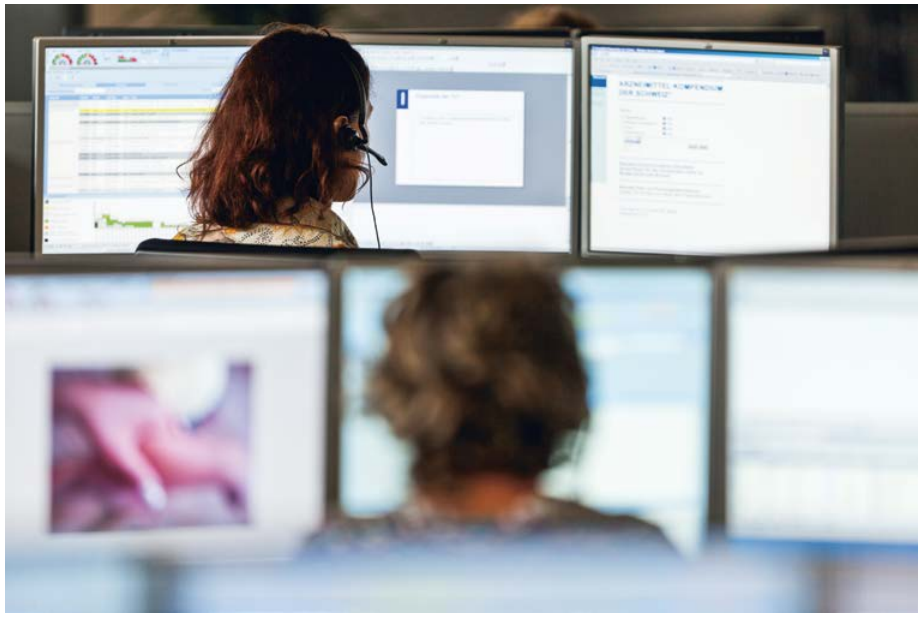
R. Weidmann, Th. Ledermann, A. Grob: The Interdependence of Personality and Satisfaction in Couples. European Psychologist (2016)
G. Bodenmann, N. Meuwly et al.: Effects of Stress on the Social Support Provided by Men and Women in Intimate Relationships. Psychological Science Online First (2015)

Liebe messen

In der Partnerschaftsforschung finden sich verschiedene Methoden. Paare werden mit Fragebogen zu Persönlichkeit, Prozessen in der Beziehung und zur Zufriedenheit mit derselben befragt. Manche Teilnehmende führen Tagebuch. Forschende beobachten Paare zudem beim Kommunizieren. Diese erhalten eine Aufgabe, beispielsweise, sich etwas Belastendes der vergangenen Tage zu erzählen, und werden dabei gefilmt. Die Freiburger Psychologin Nathalie Meuwly hat in einem Experiment Paare im Unilabor unter Stress gesetzt. Die Partner mussten getrennt voneinander ein Bewerbungsgespräch durchlaufen und eine mathematische Aufgabe lösen. Danach kamen sie in einem Warteraum wieder zusammen, und die Forschenden filmten, was spontan geschah. Auch physiologische Werte werden gemessen, so das Stresshormon Cortisol in Speichelproben und die Herzrate.

Eine Maschine, die Emotionen hört

Algorithmen können lernen, Emotionen in der menschlichen Stimme zu erkennen. Ausserhalb des Labors müssen sie sich noch bewähren. *Von Sophie Gaitzsch*



Es könnte sich dereinst lohnen, die Computerstimme eines Callcenters zu beschimpfen, um früher an die Reihe zu kommen. Bild: Keystone/Martin Ruetschi

Wenn wir bei unserer Bank oder Versicherung anrufen, antwortet häufig eine automatische Stimme. Während langer Minuten bittet sie uns, aus mehreren Möglichkeiten auszuwählen, die nicht immer auf uns zuzutreffen scheinen. Wir seufzen, murmeln ein paar Beleidigungen, regen uns über das System auf. Und siehe da, gerade bevor unser Geduldsfaden reisst, nimmt ein Mensch ab. Zufall? Nicht unbedingt: Programme, die auf künstlicher Intelligenz beruhen, sind heute in der Lage, Gefühle zu erkennen. Unternehmen können dies für ihre Dienste nutzen.

Sascha Frühholz, Professor für Psychologie an der Universität Zürich, ist spezialisiert auf Neurowissenschaften und arbeitet an der automatischen Erkennung von Emotionen in der Stimme. «Algorithmen werden immer effizienter, vor allem wenn es darum geht, sechs Grundemotionen zu identifizieren: Wut, Angst, Freude, Ekel, Traurigkeit und Überraschung.» Anspruchsvoller ist es für Computer, Scham oder Stolz zu erkennen – das gilt übrigens auch für Menschen.

Die grösste Herausforderung für solche Systeme ist die genügend breite Anwendung. «Sie werden mit spezifischen Daten trainiert», erklärt Frühholz. Ihre Leistung geht zurück, wenn sie in einer anderen akustischen Umgebung eingesetzt werden – oder für eine andere Sprache. Einem Algorithmus, der gelernt hat, Wut in einer Zürcher Stimme zu erkennen, wird dies bei Genfern weniger gut gelingen. Noch schlechter abschneiden wird er bei asiatischen Stimmen, deren akustisches Profil noch weiter entfernt ist.

Frühholz hat darum Techniken des überwachten und des unüberwachten Lernens kombiniert. «Wir haben den Algorithmus mit Daten trainiert, die ihm beispielsweise angeben, ob eine Stimme wütend oder erfreut ist. Danach haben wir Daten ohne diese Informationen eingespeist, was den Algorithmus unabhängiger macht.»

So erreicht die Erkennungsquote 63 Prozent – deutlich mehr als mit überwachtem oder unüberwachtem Lernen allein. Dort liegen die Quoten zwischen 54 und 58 Prozent. Gemäss Frühholz, der sich auch mit der menschlichen Wahrnehmung von Gefühlen über das Gehör befasst, erkennen Menschen Emotionen in der Stimme eines Gesprächspartners in 85 bis 90 Prozent der Fälle. «Die Erkennungsquote ist zum grossen Teil sowohl bei den Algorithmen als auch bei den Menschen davon abhängig, wie viele Emotionen gleichzeitig entschlüsselt werden müssen.

Depressionen früh erkennen

Für die automatische Erkennung von Emotionen gibt es potenzielle Anwendungen in vielfältigen Bereichen wie Kundendienst, Marketing, Überwachung, Hilfe für ältere Menschen oder Medizin. «Diese Technologie könnte insbesondere helfen, erste Anzeichen von Angstzuständen oder Depressionen zu identifizieren», sagt David Sander, Leiter des Nationalen Forschungsschwerpunkts «Affektive Wissenschaften» sowie des interfakultären Zentrums der Universität Genf.

An der EPFL forscht Jean-Philippe Thiran zur visuellen Erkennung von Gesichtsausdrücken. Dafür arbeitet er mit der Automobilindustrie zusammen. «Ziel ist es, Informationen über die Person am Steuer zu sammeln. Halbautonome Autos zum Beispiel sollten wissen, in welchem emotionalen Zustand sich der Lenker befindet, wenn die Kontrolle an den Fahrer übergeht. Ob dieser gestresst oder in der Lage ist, eine Entscheidung zu treffen.» Für einen genervten Lenker könnte das Auto beruhigende Musik abspielen, für eine müde Fahrerin das Cockpit heller einstellen.

«Grösste Knacknuss unseres Forschungsgebiets ist derzeit das Erkennen von Gesichtsausdrücken unter schwierigen Bedingungen, etwa wenn das Gesicht schlecht beleuchtet ist, sich bewegt oder nicht von vorn sichtbar ist», erklärt Jean-Philippe Thiran. Dies gelte auch für die Interpretation einer subtileren oder individuelleren Mimik.

Sophie Gaitzsch ist eine Schweizer Journalistin in Paris.

Maryline Gaucher

Die Beziehungen zwischen Kunden und Ladenbesitzern bringen Leben ins Genfer Pâquis.

Multikulturelles Quartierleben

Hemmt oder fördert eine durchmischte Bevölkerung die soziale Stabilität? So lautete die Hauptfrage eines Genfer Forschungsprojekts, das 2016 nach dreieinhalb Jahren abgeschlossen wurde. Die Forschenden konzentrierten sich auf drei Quartiere in Genf (Pâquis, Eaux-Vives, Jonction) und verglichen diese mit Belleville in Paris, Agios Panteleimonas in Athen und St-Gilles in Brüssel.

«Wir wollten gemischte Quartiere, in denen Menschen mit unterschiedlichen Migrationsgeschichten leben, ohne dass eine Gruppe dominiert», erklärt Alessandro Monsutti, Verantwortlicher des Departements für Anthropologie und Entwicklungssoziologie am Hochschulinstitut für internationale Studien und Entwicklung (IHEID). Bei dieser Forschungsarbeit stützten sich die Forschenden auf qualitative Methoden wie freie und halbdirektive Gespräche sowie Beobachtung.

Es wäre denkbar, dass in den Augen der Bewohner ein Quartier mit einer durchmischten Bevölkerung und sehr unterschiedlichen Einzelpersonen, die nationenübergreifende Verbindungen pflegen, seine Eigenheiten verliert und es schwieriger wird zu definieren, was ein spezifisches Quartier ausmacht. Alessandro Mansutti fragte sich: «Ist es so, dass die Menschen in diesen Quartieren sich so wenig engagieren, dass das Quartierleben verschwindet?»

Die Situation ist differenzierter. Die Personen, die ein Quartier prägen, sind nicht unbedingt diejenigen, die dort wohnen. Vielmehr sind es diejenigen, die das Quartier zum Leben bringen, die sichtbar sind und sich einbringen, beispielsweise Ladenbesitzer. Stabilität entsteht durch die Vertrautheit mit diesen Personen. Auch die bebaute Umwelt spielt eine Rolle. Deshalb sollten raumplanerische Änderungen von den Verantwortlichen proaktiv erklärt werden, sonst kann Entfremdung und Unsicherheit entstehen. *Benjamin Keller*

—

Ph. Gazagne et al.: Connivences et antagonismes en milieu urbain. Regards anthropologiques sur Genève. Sociograph No. 26 (2016)

Die Regeln des höflichen Widerspruchs

Nicht zu leise, nicht zu laut, dem Gesprächspartner zugewandt, und das Thema sollte weder zu ernst noch zu traurig sein: Diese und viele andere Regeln für eine höfliche Gesprächsführung finden sich in der italienischen Anstandsliteratur des 19. Jahrhunderts. Zwischen 1800 und 1920, einer Zeit des gesellschaftlichen Wandels, hatte diese Hochkonjunktur. 186 verschiedene Bücher in mindestens 450 Ausgaben wurden damals gedruckt. Billige Benimmbücher auf schlechtem Papier für Schulkinder und die untere Mittelklasse, luxuriöse Etikettebücher für höhere Klassen.

Die Linguistin Annick Paternoster von der Università della Svizzera Italiana hat gemeinsam mit Francesca Saltamacchia die 50 populärsten dieser Bücher auf Regeln und Formeln der Höflichkeit untersucht. Ausgewählt haben sie aufgrund der Anzahl Ausgaben: Je weiter verbreitet, desto mehr Ausgaben. In zweijähriger Arbeit haben sie aus den Büchern den digitalen «Corpus dei galatei italiani ottocenteschi» erstellt und analysiert. «Es war fantastisch, diese Regeln so explizit zu finden», sagt Annick Paternoster.

Die Höflichkeitsformeln, die dem sozialen Rang eines Sprechenden in der damaligen Klassengesellschaft Ausdruck gaben, sind verschwunden. «Es wäre aus heutiger Sicht sehr ironisch, auf eine Bitte mit ‹stets zu Diensten› zu antworten», sagt die Linguistin. Andere Formeln sind bis heute gültig: «Wenn es um Zustimmung oder Meinungsverschiedenheiten geht, also darum, einen offenen Konflikt zu vermeiden, sind die Parallelen zu heute sehr erkennbar», erklärt Paternoster. Zum Beispiel galt offener Widerspruch wie «das ist nicht wahr» als unhöflich. Die höfliche Variante war – und ist –, den Widerspruch abzuschwächen, zum Beispiel mit «mir scheint». *Pascale Hofmeier*

—

A. Paternoster, F. Saltamacchia (2017): (Im)politeness formulae and (im)politeness rules: metadiscourse and conventionalisation in 19th Century Italian conduct books. In: E. M. Pandolfi et al. (ed.): *Studies on Language Norms in Context*, Peter Lang, Frankfurt am Main (2017)

Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze, CF990297696

Die Schüler der Militärakademie hatten ein eigenes Buch mit Benimmregeln.

niepo/Shutterstock

Die identitätsstiftenden Kreidefelsen Südenglands stehen für Trennung und Verbindung.

Hellsichtige Literatur

Der «Brexit» hat den Ärmelkanal geschlossen, zumindest im Denken vieler Britinnen und Briten. Die UK Independence Party (Ukip) warb für das «Ja» mit einem Plakat, auf dem eine Rolltreppe auf die berühmten weissen Klippen von Dover führt. Die Botschaft kam an: Wir machen die Grenze zu Europa dicht, damit wir nicht überfremdet werden.

Der Ärmelkanal spielt für die Briten eine vielschichtige Rolle. Das kommt in der Literatur zum Ausdruck: «Eine Grenze ist eine Zone, die trennt und zugleich verbindet», sagt die Anglistin Melanie Küng von der Universität Basel. In ihrer vor dem Abschluss stehenden Dissertation zeigt sie, wie Autorinnen und Autoren im Kanal mehr sehen als nur die Trennung vom Kontinent, die für Insel-Identität bürgt. Der Schriftsteller Tom Fort etwa reist die Küste entlang auf den Spuren der Verbindungen zum Kontinent; er thematisiert den Tunnel und die Schiffshäfen. Die Autorin Jamaica Kincaid, die auf der noch unter britischer Kolonialmacht stehenden Karibikinsel Antigua aufwuchs, schildert bitterböse, dass die «white cliffs» nur für die Weissen seien, die sich mit der Farbe identifizieren könnten. Sie findet die Klippen «schmutzig».

«Die Literatur ist einerseits ohnmächtig gegenüber der Politik, aber sie ist zugleich hellsichtig», sagt Küng. Die in den neunziger Jahren entstandene Literatur zum Ärmelkanal habe die Vielschichtigkeit der Grenze thematisiert, als der dominante Diskurs der Ökonomie angesichts von Globalisierung und Digitalisierung sämtliche Grenzen verneint habe. Was heute passiere, sagt Küng, habe die Fiktion zur Sprache gebracht. *Urs Hafner*

Das gestaltete Naturparadies

Der Ökologe Christoph Küffer fordert ein Umdenken im Naturschutz: Um die Biodiversität zu schützen, soll der Mensch die letzten Reste unberührter Natur nicht bewahren, sondern vermehrt in diese eingreifen. *Von Stefan Stöcklin*

Naturschützerinnen und Naturschützer sind ernüchtert. Von den rund 45 000 bekannten Tier- und Pflanzenarten der Schweiz sind ein Drittel bedroht, Hunderte sind in den letzten Jahren ausgestorben oder sie sind unter Druck. Die Biodiversität schwindet praktisch ungehindert, trotz aller bisherigen Anstrengungen.

Angesichts dieser Entwicklung plädiert Siedlungsökologe Christoph Küffer für ein Umdenken im Naturschutz. «Schützenswerte Landschaften sind hierzulande zu fragmentiert, um ihre Biodiversität zu erhalten», sagt er. Zudem verändere der Mensch mit dem Ausstoss von CO_2 und Stickstoff alle Lebensräume irreversibel. Bewahren allein reiche im Zeitalter des Anthropozäns nicht mehr, sagt Küffer, der an der Hochschule für Technik in Rapperswil und an der ETH Zürich unterrichtet. Sein Vorschlag: Natur-Design. «Um die Biodiversität zu erhalten, bleibt uns nichts anderes übrig, als eine neue Natur der Zukunft zu erfinden und zu gestalten.»

Schutzgebiete gestalten

Küffers Idee wäre eine radikale Abkehr bisheriger Praktiken, wie sie zum Beispiel im Fall des Nationalparks umgesetzt wurden. Auf den 17 000 Hektaren des Bündner Parks sind Tiere und Pflanzen möglichst ungestört und Eingriffe des Menschen verpönt. Statt authentische Wildnis sich selbst zu überlassen, soll laut Küffer vielfältige Natur vermehrt durch Menschenhand erhalten und kreiert werden. Selbst Eingriffe in Schutzgebiete wären denkbar: Der Ökologe könnte sich zum Beispiel vorstellen, das Neeracherried, eines der letzten grossen Flachmoore der Schweiz in der Nähe von Zürich, am Rand mit gestalteten Magerwiesen zu ergänzen. Mit dem Ziel, eine unnatürlich reiche Biodiversität zu schaffen. Auch die vielen kleinen Naturschutzgebiete im Schweizer Mittelland liessen sich intensiver, das heisst artenreicher, gestalten.

> «Um die Biodiversität zu erhalten, müssen wir eine neue Natur der Zukunft gestalten.»
>
> Christoph Küffer

Natur-Design würde zudem bedeuten, dass Dachgärten, begrünte Fassaden oder Parkanlagen im Siedlungsraum zurückgedrängten Arten neuen Lebensraum bieten. Die berühmte High Line mitten in New York, eine gestaltete Naturlandschaft auf einem ausrangierten Bahntrassee, ist für den Querdenker eine beispielhafte Umsetzung seiner Ideen: «Naturschutz als Gestaltung bedeutet, dass jeder beliebige Ort das Potenzial hat, zu einem Naturparadies zu werden.» Die Biodiversität der Zukunft wäre eine Mischung aus wilden Arten sowie Nutz- und Zierpflanzen mitten im Kulturraum des Menschen.

Die High Line von New York ist ein Prototyp von Natur-Design. Auf einem ausrangierten Bahntrassee wird Vielfalt künstlich hergestellt.
Bild: Keystone/AP Photo/Mark Lennihan, File

Mit der gestalteten Biodiversität verbunden ist für Küffer auch eine Verschiebung des Naturschutzes weg von Spezialisten und Verwaltung hin zu Gärtnern, Bäuerinnen und Naturliebhabern. Zu Menschen also, die schon immer Natur schufen. Naturschutz würde so vielschichtiger und ungeplanter.

Rare Arten sterben so oder so aus

In der Konsequenz würde Natur-Design wohl bedeuten, dass manche bedrohte Art ausstirbt, weil ihr schwindender Lebensraum nur zum Teil ersetzt würde. Aber das gelte auch für die bisherige Naturschutzpolitik, sagt Küffer. Er ist überzeugt, dass sein Ansatz letztlich effizienter wäre: Durch gestaltete Landschaften könnten viele mittelmässig bedrohte Arten geschützt werden, während sehr seltene Arten auch mit viel Geld wegen der menschlichen Einflüsse längerfristig keine Überlebenschance hätten.

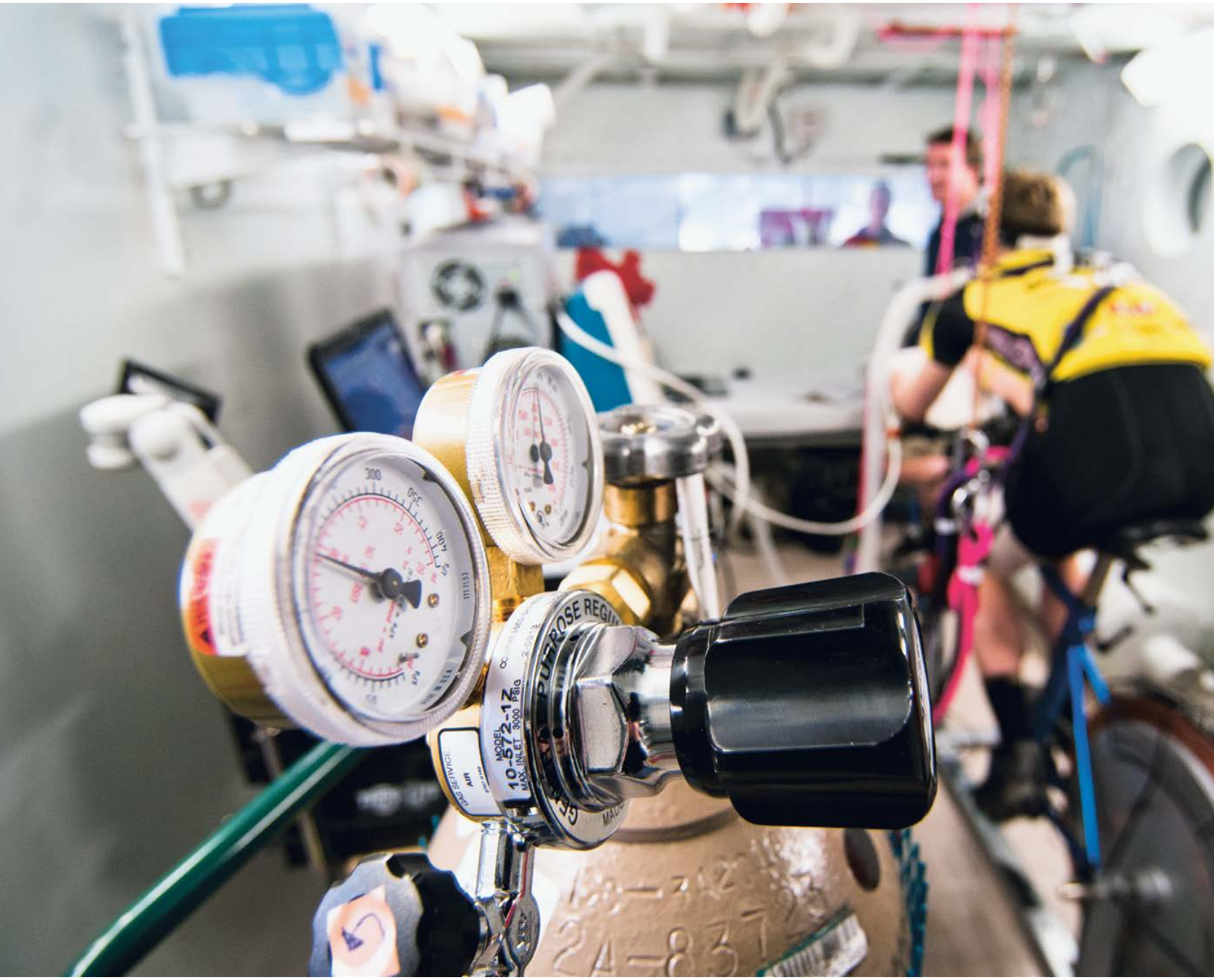
Küffers Thesen sind in Fachkreisen umstritten. Auch für Markus Fischer ist eine wertkonservative Bewahrung, wie sie vor 100 Jahren verfolgt wurde, heute kaum mehr möglich. Der Pflanzenökologe der Universität Bern und Präsident des Forums Biodiversität Schweiz ortet die Schwierigkeiten anderswo: beim mangelnden Geld und im fehlenden politischen Willen zur Umsetzung der Naturschutzziele. «Für einen effektiven Schutz und die Förderung der Biodiversität müsste diese auf rund 30 Prozent der Fläche priorisiert werden», erklärt Fischer. Teils in Schutzgebieten, die bisher nur gut zehn Prozent der Fläche der Schweiz umfassen, teils in biodiversitätsfreundlich genutzten Flächen

Mehr Mittel und Wertschätzung

Raffael Ayé, Programmleiter Artenförderung bei Birdlife Schweiz, weist darauf hin, dass auch der traditionelle Naturschutz zukunftsweisende Konzepte verfolge: «Wir versuchen schon seit den 1980er Jahren, mit integrierten Massnahmen Gebiete gleichzeitig zu schützen und zu nutzen.» Man dürfe die Naturschutzziele und die Bewahrung auf keinen Fall aus den Augen verlieren. «Wir müssen weiterhin in den Schutz der wertvollsten Gebiete wie Trockenwiesen oder den Nationalpark investieren», sagt Ayé. Wie Markus Fischer plädiert er für mehr Unterstützung durch die Politik, das heisst mehr Mittel, eine höhere Wertschätzung und eine bessere Pflege bedrohter Lebensräume.

Christoph Küffer ist sich bewusst, dass viele der Kolleginnen und Kollegen seine Vorschläge als Provokation auffassen. Es gehe ihm nicht darum, verschiedene Haltungen gegeneinander auszuspielen. Die bisherigen Rezepte des Naturschutzes – Schutzgebiete und Förderung einzelner Arten – hätten durchaus ihre Berechtigung. Doch Küffer ist überzeugt: «Um die Biodiversität in einer Zeit von Klimawandel, intensiv genutzten Landschaften und knappem Geld umfassend zu erhalten, braucht es neue Ansätze und ein Umdenken.»

Stefan Stöcklin ist Redaktor an der Abteilung Kommunikation der Universität Zürich.



Simuliertes Höhentraining: In speziellen Kammern können Radfahrer ihre Leistung verbessern – und Wissenschaftler den Effekt der Methode überprüfen.
Bild: Keystone/Aurora/Rob Hammer

Der Placeboeffekt von dünner Bergluft

Mit Höhentraining sollen Ausdauerathleten auf Höchstleistung getrimmt werden. Kontrollierte Trainingsvergleiche fanden jedoch keinen Effekt. *Von Florian Fisch*

«Es ist alles Placebo.»
Carsten Lundby

«Seit 15 Jahren ist klar, dass Höhentraining einen positiven Effekt auf die Leistung haben kann.»
Jon Wehrlin

Als die Spitzensportler Nicola Spirig und Nino Schurter im August 2016 in Rio de Janeiro landeten, hatten sie ein Höhentraining hinter sich. Die Athleten verbringen einige Wochen oberhalb von St. Moritz, trainieren aber täglich im Tal. Sie müssen diese Vorbereitung genau so legen, dass ihr Wettkampf in ein Zeitfenster 14 bis 25 Tage später fällt. Für die Mühen hoffen sie auf eine Leistungssteigerung – vielleicht gerade genug für eine olympische Medaille.

Spitzensportler voll Hämoglobin

Der dänische Physiologe Carsten Lundby kam 2010 an die Universität Zürich, um herauszufinden, wie das Höhentraining wirkt. Die Wissenschaftsliteratur spricht hauptsächlich von einer höheren Konzentration des roten Blutfarbstoffs Hämoglobin, der den Sauerstoff transportiert. Um den Mangel an Sauerstoff in der Höhe auszugleichen, erhöht der Körper die Produktion von Hämoglobin. Die Überkapazität steigert bei normalem Luftdruck die Leistung – so die Lehrmeinung.

Nach einigen Versuchen hat Lundby seine Meinung geändert. Er ist überzeugt: Die Trainingsmethode bringt nichts. Als seine Forschungsgruppe das Blut der Sportler nach dem Höhentraining untersuchte, konnte sie keinen Unterschied finden. Seine Vermutung: Die Sportler seien wahrscheinlich bereits so voller Hämoglobin, dass das Höhentraining ohne Effekt bleibe.

Lundby wollte es genauer wissen: «Wir organisierten die erste Studie, die wie eine Medikamentenstudie doppelverblindet und placebokontrolliert war.» Bei der Hälfte der Probanden wurde die Sauerstoffkonzentration im Schlafzimmer künstlich so weit gesenkt, dass sie der auf einer Höhe von 3000 Metern über Meer entsprach. Weder die Forschenden noch die Athleten wussten, zu welcher Gruppe ein Proband gehörte, also ob er ein «Höhentraining» absolvierte oder nicht. Insgesamt sechs kontrollierte Studien mit jeweils zwischen 15 und 19 Radfahrern und Skilangläufern hat Lundby inzwischen durchgeführt und kommt zum Schluss: «Es ist alles Placebo. Wenn die Athleten ihre Gruppe nicht kannten, fanden wir keinen Effekt.» Wirksam sei es nur in unrealistischen Höhen. In einer Literaturübersicht rät Lundby, er lehrt nun an der Universität Kopenhagen, den Spitzensportlern von der aufwendigen Trainingsform ab.

Lundbys Schlussfolgerungen sind allerdings umstritten. Jon Wehrlin, Leiter der Abteilung Ausdauerphysiologe an der Eidgenössischen Hochschule für Sport Magglingen (BE), relativiert: «Viele der betrachteten Studien machten methodische Fehler im Training.» Einige hätten das richtige Zeitfenster nicht abgewartet, oder die simulierte Höhe sei zu klein gewesen. So sei es nicht erstaunlich, dass keine Leistungssteigerung beobachtet wurde. Aus seiner langjährigen Erfahrung wisse er, dass positive Effekte sehr individuell seien. Es sei zudem nicht möglich, den Athleten zu verheimlichen, in welcher Studiengruppe sie sich befänden. Trotzdem: «Seit 15 Jahren ist klar, dass Höhentraining einen positiven Effekt auf die Leistung im Ausdauersport haben kann.»

Dies bestätigt auch Grégoire Millet, Professor für Physiologie an der Universität Lausanne. Höhentraining werde seit den 1960er Jahren praktiziert und sei schon früher angezweifelt worden. Im Idealfall resultiere eine Leistungssteigerung von bis zu drei Prozent.

Millet und Lundby publizierten 2012 eine Literaturübersicht, in der sie die Standards für strenger kontrollierte Studien definierten.

Besser durchblutete Muskeln

Danach trennten sich ihre Wege. Millet entwickelte das «repeated sprint training» unter vermindertem Sauerstoff, um das Einsetzen der Muskelermüdung bei Höchstbelastungen hinauszuzögern. Er konnte in mehreren Studien bestätigen, dass die Durchblutung der Muskeln dadurch tatsächlich gefördert wurde. Selbst bei andern Methoden deutet laut Millet die Literatur klar in Richtung Wirksamkeit von Höhentraining: «Für die populärste Variante ‹live high, train low› wurden seit 1997 über 70 Artikel publiziert, wovon nur zwei von einen Placebo-Effekt sprechen.»

Peter Bärtsch möchte sich nicht auf eine der Seiten schlagen. Der Arzt und ehemalige Direktor Abteilung Sportmedizin der Universität Heidelberg und ebenfalls Mitautor auf der Standard-definierenden Literaturübersicht attestiert den Studien von Lundby eine hohe Qualität. «Ich würde den Athleten weiterhin ein ‹live high, train low› empfehlen, wobei unsicher ist, ob die Wirkung eher auf Physiologie oder Psychologie beruht.»

Florian Fisch ist Wissenschaftsredaktor des SNF.

—

C. Lundby, P. Robach: Does altitude training increase exercise performance in elite athletes? Experimental Physiology (2016)
F. Brocherie et al.: Effects of Repeated-Sprint Training in Hypoxia on Sea-Level Performance: A Meta-Analysis. Sports Medicine (2017)

Die Wirksamkeit einer elektrischen Hirnstimulation wird bei einer jungen Legasthenikerin überprüft. Ein Stummfilm

Den Buchstabensalat im Kopf entwirren

Elektrische Stimulation könnte Menschen mit einer Lese- und Rechtschreibschwäche helfen, die Schnittstelle zwischen Sprache und Schrift im Gehirn zu stärken.
Von Yvonne Vahlensieck

Lesen und Schreiben sind eine relativ neue Errungenschaft der Menschheit und sind folglich nicht im Gehirn programmiert. Deshalb verbringen wir in den ersten Schuljahren viel Zeit damit, zu lernen, gesprochene Sprache in geschriebene Buchstaben zu verwandeln und umgekehrt. Doch bei manchen Kindern will es einfach nicht richtig klappen: Sie vertauschen Buchstaben, machen unzählige Rechtschreibfehler und lesen nur stockend. Unter einer solchen Lese-Rechtschreib-Schwäche, auch Legasthenie oder Dyslexie genannt, leiden etwa 5 bis 15 Prozent der Bevölkerung. Neue Erkenntnisse aus der Hirnforschung stellen den Betroffenen nun Abhilfe in Aussicht.

Mühe mit Silbenklatschen

Was bei einer Dyslexie falsch läuft, ist schon lange Gegenstand der Forschung. Als sicher gilt: Es liegt nicht an mangelnder Intelligenz. Stattdessen haben Neurowissenschaftler ein Defizit an der Schnittstelle zwischen Sprach- und Schriftverarbeitung im Gehirn festgestellt. «Das Problem liegt dabei nicht primär am Hören oder Sehen sondern auf höheren Stufen, wo sich audi-

hält die Frau wach. Bild: Nicolas Righetti/Lundi13

torische und visuelle Sprachverarbeitung spezialisieren und zusammentreffen», erklärt Daniel Brandeis, Professor für Neurophysiologie an der Universität Zürich. «An dieser Schnittstelle wird die gesprochene Sprache in ihre einzelnen Elemente zerlegt und mit den visuellen Mustern der Schriftzeichen verknüpft, die durch spezialisierte Hirngebiete erkannt werden.»

Das entspricht der Erfahrung von Heilpädagogen: Kindern mit Dyslexie fällt es schwer, die Sprache in ihre kleinsten Einheiten – die Phoneme – zu stückeln. Sie finden es zum Beispiel schwierig, Silben zu klatschen und ähnliche Laute wie t und d voneinander zu unterscheiden. Deswegen konzentriert sich eine Therapie oft auf diese Defizite. «Rein visuelle Trainings ohne Sprache haben keinen positiven Effekt auf das Lesen und Schreiben», weiss Anke Sodogé. «Dagegen sind Übungen zur Unterscheidung und Verarbeitung von Lauten nachweislich wirksam.» Die Professorin an der Interkantonalen Hochschule für Heilpädagogik in Zürich warnt aber auch vor zu hohen Erwartungen an eine Therapie, denn trotz aller Mühen sei der erzielte Fortschritt oft nur gering.

Ein neuer neurologischer Therapieansatz könnte den Erfolg des heilpädagogischen Trainings verbessern: Er beruht auf der Erkenntnis, dass bei einer Dyslexie bestimmte Hirnwellen aus dem Takt geraten sind. Mit Hilfe einer elektrischen Hirnstimulation möchte die promovierte Schweizer Psychologin Katharina Rufener an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg diese Schwingungen wieder in den richtigen Takt bringen. «Die Idee ist, die hirnphysiologische Ausgangslage zu normalisieren, damit die Therapie besser greift.»

Hirnschwingungen korrigieren

Im Gehirn erzeugen synchron feuernde Neuronen mehrere Arten von Schwingungen, die je nach Frequenz verschiedene Funktionen erfüllen. Bei einer Dyslexie sind die Gamma-Oszillationen gestört. Sie schwingen mit einer Frequenz von 25 bis 40 Hertz und sind an der Verarbeitung der gehörten Sprache beteiligt: «Das Gehirn hat etwa 25 Millisekunden Zeit, die einzelnen Phoneme zu erkennen. Diese Abtastrate entspricht ungefähr der Periode einer Gamma-Oszillation», sagt Rufener. «Bei einer Dyslexie ist die Schwingung zu langsam oder zu schnell, und dadurch ist die Abtastrate des akustischen Sprachsignals gestört. Deshalb können Phoneme nicht voneinander unterschieden werden.»

> «Für die schwer Betroffenen bleibt Lesen trotz Behandlungserfolgen meist anstrengend.»
>
> Daniel Brandeis

Um die gestörten Schwingungen wieder in den richtigen Takt zu bringen, führt Rufener bei ihren Versuchspersonen eine Hirnstimulation mit zwei aussen am Kopf angebrachten Elektroden durch: Die gewünschte Frequenz wird mit einem schwachen Wechselstrom ins Gehirn geleitet. Es ist bekannt, dass Nervenzellen in den stimulierten Regionen die von aussen übertragenen Schwingungen aufgreifen.

Rufener stimulierte ihre Probanden mit Schwingungen und liess sie gleichzeitig Aufgaben zur Unterscheidung von Phonemen lösen. Kinder und Jugendliche mit einer Dyslexie schnitten dabei besser ab als ohne Stimulation. Dies gelang mit Frequenzen im Gammabereich. In einer zweiten Versuchsreihe will Rufener nun die Wirkung von anderen Schwingungen testen, die bei der Mehrheit der Dyslexie-Patienten ebenfalls beeinträchtigt sind und mit Denkleistungen in Verbindung gebracht werden.

Noch ist allerdings nicht klar, ob diese Methode zu einer längerfristigen Verbesserung führen kann, denn nach einer einmaligen Hirnstimulation fällt das Gehirn fast sofort wieder in den fehlerhaften Takt zurück. Es gibt aber Hinweise darauf, dass der Effekt länger anhält, wenn über einen grösseren Zeitraum hinweg mehrmals stimuliert wird.

Anne-Lise Giraud, Professorin für Neurowissenschaften an der Universität Genf, glaubt jedoch, dass der Zeitpunkt für eine therapeutische Anwendung noch zu früh ist: «Eigentlich wissen wir noch gar nicht genau, was bei einer Hirnstimulation passiert.» In Zusammenarbeit mit dem Wyss Center für Bio- und Neuroengineering führt sie ähnliche Versuche durch – vorläufig allerdings nur an Erwachsenen ohne Dyslexie. «Wenn wir stimulieren, sehen wir eine Verbesserung der Fähigkeiten zur Erkennung von Lauten. Aber wir bekommen auch viele widersprüchliche Resultate.»

Ansatz mit Modellen prüfen

Deswegen will Giraud zunächst noch mehr Grundlagenforschung betreiben. Nicht definitiv geklärt ist beispielsweise, ob Gamma-Oszillationen dauernd vorhanden sind: «Wir glauben, dass nur eine schwache Schwingung vom Hirn selbst vorgegeben wird, die sich erst durch das Hören verstärkt.» Ihre Untersuchungen zeigen zudem, dass die Gamma-Oszillationen an andere Schwingungen im Gehirn gekoppelt sind, die möglicherweise eine Anpassung an verschiedene Sprechgeschwindigkeiten steuern. Zur Überprüfung ihrer Hypothesen hat Giraud eine Computersimulation entwickelt: «Das Modell bildet ein Netzwerk von Neuronen ab, das Gamma-Oszillationen produziert und mit dem wir alle diese Vorgänge durchspielen können.»

Auch wenn die Zusammenhänge noch nicht im Detail erforscht sind, findet Daniel Brandeis den Einsatz der elektrischen Hirnstimulation vielversprechend: «Ich kann mir gut vorstellen, dass dieses Verfahren die Effektivität bestehender Therapien entscheidend erhöhen und dadurch nachhaltigere und schnellere Veränderungen erreichen könnte.» Eine vollständige Heilung solle man trotzdem nicht erwarten: «Für die schwer Betroffenen bleibt Lesen trotz Behandlungserfolgen meist anstrengend. Sie werden nur selten mit der gleichen Leichtigkeit lesen können wie Menschen ohne Dyslexie.»

Yvonne Vahlensieck ist freie Wissenschaftsjournalistin in der Nähe von Basel.

—

K. S. Rufener et al.: Transcranial Alternating Current Stimulation (tACS) differentially modulates speech perception in young and older adults. Brain Stimulation (2016)

Darmbakterien mit Fernwirkung

In den ersten Lebenswochen ist das Immunsystem von Säugetieren noch nicht ausgereift. Daher versorgen Mütter ihre Neugeborenen über die Plazenta und die Milch mit Antikörpern, die sie vor gefährlichen Erregern schützen.

Die mütterliche Unterstützung geht aber darüber hinaus, wie Andrew Macpherson und seine Forschungsgruppe vom Inselspital Bern entdeckten. Sie benutzten dafür Darmbakterien, die für ihren positiven Effekt sowohl auf die Verdauung als auch auf das Immunsystem bekannt sind. Wenn diese Mikroben im Darm trächtiger Mäuse lebten, verbesserte dies die Darmflora und Abwehrkräfte der Ungeborenen. Diese Wirkung trat selbst dann auf, wenn die Mäusejungen später keinerlei direkten Kontakt mit den Bakterien hatten.

Die mütterliche Darmflora beeinflusste in den Versuchen insbesondere Zellen des angeborenen Immunsystems, die vor allem in der Darmschleimhaut aktiv sind. Diese sogenannten lymphoiden Zellen vermehrten sich stärker bei jungen Mäusen, deren Mütter gezielt mit Bakterien versorgt wurden, als bei Kontrollmäusen ohne diese Darmflora. Für die Versuche waren sämtliche Mütter unter sterilen Bedingungen aufgezogen worden.

«Das angeborene Immunsystem von Mäusejungen reagiert auf die mütterlichen Bakterien und ist auf eine Besiedlung des Darms vorbereitet», erklärt Macpherson. «Ausserdem konnten wir zeigen, dass die Vermehrung der lymphoiden Zellen durch Antiköper angekurbelt wird, die von der Mutter an die Nachkommen weitergegeben werden.»

Jetzt wollen die Forschenden unter anderem herausfinden, ob die mütterliche Darmflora auch die weitere Entwicklung der Nachkommen beeinflusst. *Karin Hollricher*

—

S. C. Ganal-Vonarburg et al.: Maternal microbiota and antibodies as advocates of neonatal health. Gut Microbes (2017)

srisakorn wonglakorn/Shutterstock

Das Immunsystem von Mäusejungen wird schon im Bauch ihrer Mutter trainiert.

Loïc Costeur

Das Innenohr eines Kuhfötus (rekonstruiert) verrät viel über die Evolution von Wiederkäuern.

Rind und Mensch ähneln sich im Ohr

Das Innenohr enthält die Hör- und Gleichgewichtsorgane und liegt fest umschlossen im Innern des Schädels. Im Verlauf der vorgeburtlichen Entwicklung bilden weiche Knorpelzellen die Hülle der Hörschnecke und des Gleichgewichtsorgans und verknöchern. Für Biologen ist die Verfestigung dieses Labyrinths ein interessanter Gradmesser für evolutionäre Veränderungen.

Loïc Costeur vom Naturhistorischen Museum Basel hat erstmals das vorgeburtliche Wachstum des Innenohrs bei Kuhföten verfolgt und ist auf eine überraschende Übereinstimmung mit dem menschlichen Organ gestossen: «Das Labyrinth verknöchert bei Rindern nach rund fünf Monaten der Trächtigkeit, das heisst etwa gleich schnell wie beim Menschen.»

Für die Studie hat Costeur zusammen mit Kollegen vom Universitätsspital Basel verschiedene Schädelstadien von Kuhföten und einen ausgewachsenen Knochen aus der Museumssammlung im Computertomografen durchleuchtet. Gemäss den Analysen wächst das Labyrinth im Innenohr in den frühen Phasen der Entwicklung rasch und verknöchert früh. Im Gegensatz dazu vergrössert sich das massive Felsenbein, in dem das Innenohr liegt, auch nach der Geburt zusammen mit den andern Schädelknochen.

«Solche Entwicklungsmerkmale sind wichtig, um die evolutionären Beziehungen zwischen den Arten besser zu verstehen», sagt Costeur. Die Ergebnisse der Rinderknöchelchen sind ein erster Schritt einer umfassenderen Analyse bei Wiederkäuern. Zieht man in Betracht, dass sich die Stammesgeschichte der Wiederkäuer 45 Millionen Jahre zurückverfolgen lässt, ist es erstaunlich, dass sich das Innenohr des Menschen ähnlich entwickelt. *Stefan Stöcklin*

—

L. Costeur et al.: Prenatal growth stages show the development of the ruminant bony labyrinth and petrosal bone. Journal of Anatomy (2016)

Biologische Schädlingsbekämpfung nützt zweimal

Weil die im Boden lebenden Larven des Maikäfers Pflanzenwurzeln fressen, begünstigen sie in Alpentälern die Erosion von fruchtbarer Erde und sind ein Problem für die Landwirtschaft. Doch in der Schweiz ist es weder erwünscht noch erlaubt, die Larven mit synthetischen Insektiziden abzutöten. Jürg Enkerli von der Forschungsanstalt Agroscope im Reckenholz sucht deshalb nach biologischen Wegen, um diesen Schädling zu bekämpfen. Er erforscht das Potenzial des Pilzes *Beauveria brongniartii,* der den Maikäfer und seine Larven befällt.

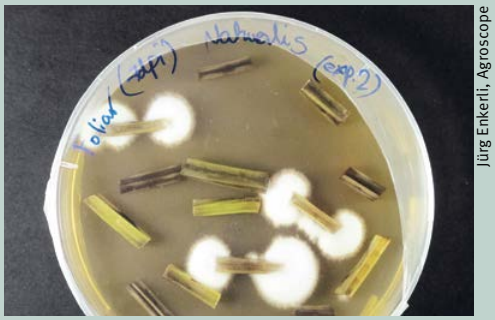
Pilze, die Insekten befallen, sind am häufigsten im Boden zu finden. Einige können allerdings auch in Pflanzen wachsen. Fachleute sprechen von endophytischer Kolonisation. Mit einer Kollegin aus Jordanien hat Enkerli kürzlich herausgefunden, dass *Beauveria brongniartii* auch in Pflanzen wachsen kann. In ihren Versuchen besprühten die Forschenden die Blätter von Ackerbohnen mit Sporen dieses Pilzes. Erstaunlicherweise setzten die Ackerbohnen keinerlei Abwehr- oder Stressreaktion in Gang, während sich der Pilz in ihnen ausbreitete. Im Gegenteil, sie wuchsen im Schnitt sogar rascher als die unbesprühten Kontrollpflanzen.

Auf was der Wachstumsvorteil zurückzuführen ist, liegt noch im Dunkeln. Ebenfalls noch ungeklärt ist, ob die Pflanzen durch die Besiedlung vor Maikäferlarvenfrass geschützt sind, sagt Enkerli. Stellt sich dies in weiteren Versuchen heraus, eröffnete sich eine vielversprechende Möglichkeit in der biologischen Bekämpfung des Maikäfers. *Ori Schipper*

—

L. R. Jaber, J. Enkerli: Fungal entomopathogens as endophytes: can they promote plant growth? Biocontrol Science and Technology (2017)

Jürg Enkerli, Agroscope

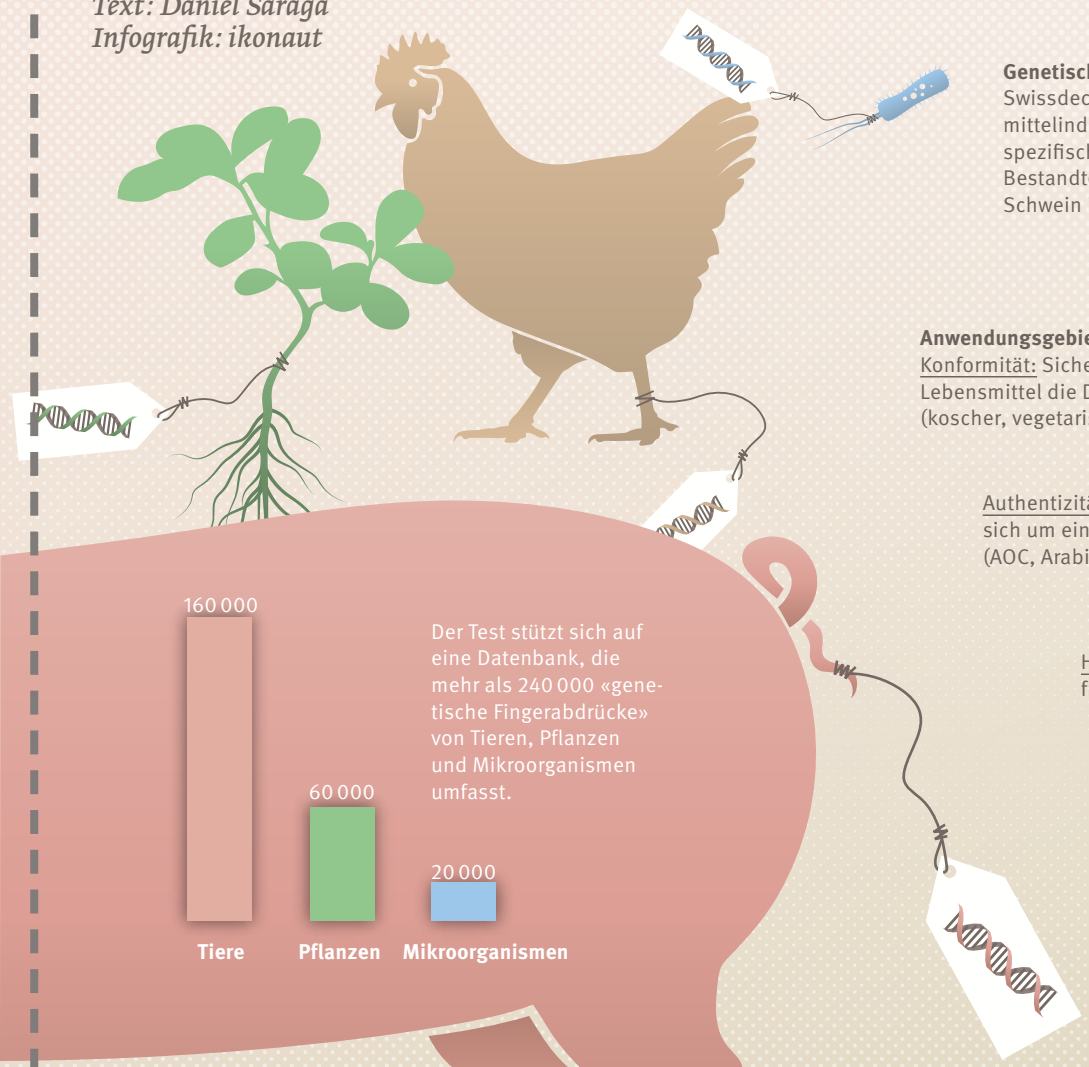


Ein Pilz befällt die Stängel von Ackerbohnen und kann gleichzeitig deren Wachstum fördern.

DNA-Spurensuche in Lebensmitteln

Ein Lausanner Start-up holt Gentests aus dem Labor auf den Bürotisch. Das Produkt soll die Analyse von Lebensmitteln beschleunigen und den Authentizitätsnachweis vereinfachen.

Text: Daniel Saraga
Infografik: ikonaut



Der Test stützt sich auf eine Datenbank, die mehr als 240 000 «genetische Fingerabdrücke» von Tieren, Pflanzen und Mikroorganismen umfasst.

Genetischer Fingerabdruck von Lebensmitteln
Swissdecode hat einen schnellen DNA-Test für die Lebensmittelindustrie entwickelt. Er erkennt in der Probe eine spezifische genetische Sequenz, die einen unerwünschten Bestandteil im Lebensmittel nachweist, wie beispielsweise Schwein in einem Halal-Produkt oder Schimmelpilz in Mais.

Anwendungsgebiete

Konformität: Sicherstellen, dass ein Lebensmittel die Deklarationen erfüllt (koscher, vegetarisch, GVO-frei usw.)

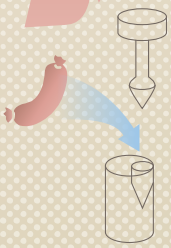
Authentizität: Nachweis, dass es sich um ein echtes Produkt handelt (AOC, Arabica-Kaffee, Königslachs usw.)

Hygiene: Prüfen, ob eine Lieferung frei von Schimmelpilzen ist.

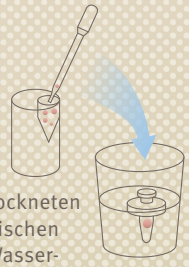
Erste Produkte
Das Spin-off der Universität Genf bringt im Sommer 2017 einen Test für Schweinefleisch auf den Markt. «Wir arbeiten mit Unternehmen zusammen, die ihre Produkte regelmässig im Labor analysieren lassen, was oft mindestens zwei Tage dauert», erklärt Mitgründer Gianpaolo Rando. Das Team arbeitet an drei weiteren Tests zum Nachweis von drei probiotischen Bakterien, die geistiges Eigentum der Hersteller sind.

Ein genetischer Test in 30 Minuten

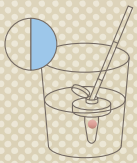
1 Leitungswasser und kochendes Wasser eingiessen.



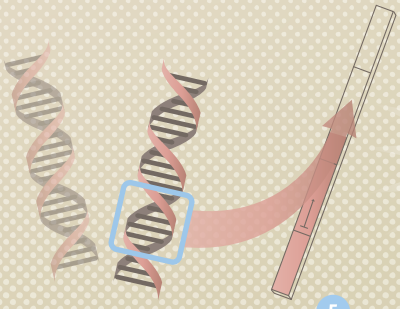
2 Lebensmittelprobe zerkleinern, um das genetische Material zu konzentrieren.



3 Das Extrakt zusammen mit gefriergetrockneten Enzymen und chemischen Verbindungen ins Wasserbad setzen (55 – 65 °C).



4 Nach 30 Minuten Teststreifen einlegen.



5 Ein Molekül erkennt den Fingerabdruck des Organismus und produziert eine synthetische DNA-Verbindung. Diese steigt durch Kapillarkraft den Streifen hoch und löst eine chemische Farbreaktion aus.

Fake news: «Tatort» im Tulpenland

Von Matthias Egger

Die Kamera schweift über die malerische Prinsengracht in Amsterdam, aber das Grauen ist gleich um die Ecke: Aus der Bouwersgracht wird die aufgedunsene Leiche eines jungen Mannes geborgen. Der Tote ist ein russischer Krebsforscher, der auf einer Internet-Plattform Millionen wissenschaftliche Artikel frei zugänglich und sich damit strafbar gemacht hat. In seiner Tasche hat er die Taxiquittung einer Fahrt zum Sonarweg 31, zum Hauptsitz des Greed-Elsegier-Konzerns, des mächtigsten Wissenschaftsverlags der Welt. Wenige Tage später wird dessen CEO tot im Bürostuhl aufgefunden.

Manu Friederich

Mit dem spannenden Plot illustriert diese Folge der erfolgreichen Krimireihe realitätsnah den skandalösen Monopolmissbrauch der Wissenschaftsverlage. Deren Geschäftsmodell ist genial: Sie privatisieren den mit Steuergeldern finanzierten Wissensgewinn. Die Verlage publizieren die Resultate der Forschung in Zeitschriften, die wiederum von den Universitäten für teures Geld – wieder Steuergeld – abonniert werden müssen.

Der Markt wird von wenigen Verlagen beherrscht, die ihre Macht rücksichtslos ausnutzen: Mit steigenden Preisen haben sie längst Renditen von über 30 Prozent erreicht. Der Lohn des CEO von Reed Elsevier 2015 betrug 16 Millionen Pfund.

> «Wir haben die Macht, die Spielregeln zu ändern. Wir müssen endlich aufhören, dieses Business mit öffentlichen Geldern zu alimentieren.»

Diese «Tatort»-Folge muss erst noch gedreht werden. Das wäre eine gute Sache: Dann würden auch Öffentlichkeit und Politik für die Wichtigkeit der Open-Access-Bewegung sensibilisiert. Diese will verhindern, dass die Allgemeinheit das akademische Wissen erneut von den Verlagen zurückkaufen muss.

Aber wir werden nicht auf diesen «Tatort» warten. Wir haben die Macht, die Spielregeln zu ändern. Wir müssen endlich aufhören, dieses viel zu profitable Business mit öffentlichen Geldern zu alimentieren.

Matthias Egger ist seit Januar 2017 Präsident des Nationalen Forschungsrates.

Leserbriefe

Selen kommt eher aus Fleisch

Der Artikel über Selen (Horizonte 112, S. 47) hat mir vieles verständlich gemacht, was den Selen-Kreislauf weltweit betrifft. Ich werde die Karte im Unterricht einfliessen lassen, denn ich versuche den Studierenden mehr zu zeigen als nur den Kern der Ernährungswissenschaften.

Die leider dominant platzierte Aussage hat mich irritiert: «Der Mensch nimmt Selen vor allem aus pflanzlichen Lebensmitteln auf.» Das würde schon stimmen, wäre das Futter unserer Nutztiere nicht mit Selen angereichert. Die aktuellste Studie über die Selenversorgung in der Schweiz (Burri et al., 2010) kommt zum Schluss: «Meat remained one of the most important Se sources in Switzerland. According to the first dietary intake estimation, at least 20% is covered by this food group.»

Stephanie Baumgartner, Dozentin in Ernährung und Diätetik, FFHS

16. Juni bis 17. Juli 2017

«Die Letzten ihrer Art»

Das Sommerprogramm der botanischen Gärten in allen Landesteilen der Schweiz.
Ganze Schweiz

23. und 24. Juni 2017

Zukunft entwickelter Tourismusregionen

Welche Möglichkeiten und Entwicklungsmodelle hat der Alpentourismus in der Schweiz?
Kongress- und Kulturzentrum Pontresina

Bis 6. August 2017

Schnuppernase, eine Ausstellung in 100 Gerüchen

Olfaktorisches Wissen, Spiele und Rätsel zum ältesten aller Sinne.
Museum des Menschen, Zürich

17. und 18. August 2017

Fleisch in allen Formen

Der Kongress der Schweizerischen Gesellschaft für Lebensmittelchemie thematisiert Risiken und analytische Herausforderungen von Fleischprodukten.
Universität Neuenburg

29. August 2017

ETH Industry Day

Firmen erhalten Einblick in aktuelle Forschungs-Highlights sowie Spin-offs und können Kontakte mit Forschenden knüpfen.
ETH Zürich

Bis 10. September 2017

Phantasie der Wissenschaften

Die Ausstellung zeigt, wie die wissenschaftlichen Entdeckungen seiner Zeit Friedrich Dürrenmatt zu literarischen und bildnerischen Werken inspirierten.
Centre Dürrenmatt Neuchâtel

21. und 22. September 2017

Show Me Science!

Der Jahreskongress für Wissenschaftskommunikation ScienceComm vernetzt Akteure aus Wissenschaft und Kommunikation.
Landhaus Solothurn

Bis 26. November 2017

Die Magen-Mechanik

Von der Wahl der Nahrungsmittel über Verdauungsgeräusche zum Mikrobiom: Aspekte des Essens sind Thema der Ausstellung.
Naturhistorisches Museum Neuenburg

Offenen Zugang zu Forschungsdaten planen

123dartist/Shutterstock

Der SNF fordert ab Oktober 2017 Forscherinnen und Forscher auf, einen Data Management Plan (DMP) als integralen Teil des Forschungsgesuchs einzureichen. Im Lauf des Projekts kann der DMP angepasst werden, die definitive Version sollte bei Projektende vorliegen. Der DMP ist ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu Open Research Data. Mit ihm werden Forschende dazu angehalten, sich schon vor Forschungsbeginn Gedanken über den Lebenszyklus der Daten zu machen.

Nanomaterialien: Potenzial und Herausforderung

23 Projekte untersuchten Nanomaterialien in verschiedenen Stadien ihres Lebenszyklus. Im Frühling präsentierten die Verantwortlichen die Synthese des NFP 64 «Chancen und Risiken von Nanomaterialien». Ein Grossteil der Projekte fokussierte auf den Umwelt- und biomedizinischen Bereich.

Universitäten sind nachhaltiger

Das Förderprogramm «Sustainable Development at Universities» des Bundes ist abgeschlossen. Mit rund vier Millionen Franken dotiert trug es wesentlich zur Verankerung von Nachhaltigkeit in Forschung und Lehre bei. Koordiniert von den Akademien der Wissenschaften Schweiz unterstützte das Programm in den vergangenen vier Jahren 54 Projekte.

Fördermittel für internationale Zusammenarbeit auf einen Blick

«Scientific Exchanges» heisst das SNF-Gefäss für die Unterstützung von internationalen Tagungen und dem Austausch von Forschenden. Es vereint die bisherigen Förderungsinstrumente wissenschaftliche Tagungen, International Exploratory Workshops und International Short Visits. Forschende können neu alle verschiedenen Angebote gebündelt auf einen Blick sehen.

Auswahlverfahren evaluiert

Externe Gutachter des Nordic Institute for Studies in Innovation, Research and Education (NIFU) und eine wissenschaftliche Expertengruppe haben im Auftrag des SNF die Auswahlprozesse für die Nationalen Forschungsschwerpunkte (NFS) evaluiert. Sie stellen insgesamt ein gutes Zeugnis aus, orten aber Verbesserungsmöglichkeiten bei der Ausweitung gutachterlicher Expertise, in der Transparenz gegenüber den Gesuchstellenden und bei der Dauer des Auswahlprozesses. Die Empfehlungen werden in die nächste NFS-Ausschreibung integriert.

Akademische Karriere von Frauen fördern

Colourbox.com

Professorinnen sind an Schweizer Hochschulen stark untervertreten. Um Berufungen von Frauen zu fördern, lanciert der SNF das Programm Prima (Promoting Women in Academia). Prima steht Forscherinnen aus allen Disziplinen auf Postdoc-Stufe offen, die eine akademische Karriere an einer Schweizer Hochschule anstreben. Ausgeschrieben wird Prima am 1. August 2017. Mit einem Budget von 15 Millionen Franken werden die zehn bis zwölf aussichtsreichsten Projekte finanziert.

Grosses Interesse an der Innovationsförderung

Bridge, das neue, gemeinsame Förderprogramm des SNF und der Kommission für Technologie und Innovation (KTI), stösst auf Interesse. 102 Gesuche sind auf die erste Ausschreibung von «Proof of Concept» eingegangen. Davon gefördert werden elf Ideen mit je bis zu 130 000 Franken. Das Programm richtet sich an junge Forschende, die auf der Basis ihrer Forschungsarbeit eine Anwendung entwickeln wollen.

Horizonte
Das Schweizer Forschungsmagazin erscheint viermal jährlich auf Deutsch und Französisch.
29. Jahrgang, Nr. 113, Juni 2017
www.snf.ch/horizonte

Herausgeber
Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (SNF)
Wildhainweg 3
Postfach
CH-3001 Bern
Tel. 031 308 22 22
abo@snf.ch

Akademien der Wissenschaften Schweiz
Haus der Akademien
Laupenstrasse 7
Postfach
CH-3001 Bern
Tel. 031 306 92 20
info@akademien-schweiz.ch

Redaktion
Daniel Saraga (dsa), Leitung
Florian Fisch (ff)
Pascale Hofmeier (hpa)
Marcel Falk (mf)
This Rutishauser (tr)

Gestaltung und Bildredaktion
2. stock süd netthoevel & gaberthüel,
Valérie Chételat
Illustration Editorial: Gregory Gilbert-Lodge

Übersetzung
Weber Übersetzungen
Chris Walton

Korrektorat
Anita Pfenninger

Druck und Litho
Stämpfli AG, Bern und Zürich
klimaneutral gedruckt, myclimate.org
Papier: Refutura FSC, Recycling, matt
Typografie: FF Meta, Greta Text Std

Auflage
36 100 deutsch, 16 000 französisch

© alle Rechte vorbehalten.
Nachdruck der Texte mit Genehmigung des Herausgebers erwünscht.
ISSN 1663 2710

Das Abonnement ist kostenlos. Die Papierversion wird gewöhnlich nur in der Schweiz und an Organisationen im Ausland verschickt.

Die Artikel geben nicht die Meinung der beiden Herausgeber SNF und Akademien wieder. Die präsentierten Forschungsprojekte werden in aller Regel vom SNF unterstützt.

Der SNF
Der SNF fördert im Auftrag des Bundes die Grundlagenforschung und unterstützt jährlich mit rund 800 Millionen Franken über 3400 Projekte, an denen 14 000 Forschende beteiligt sind. Er ist damit die wichtigste Schweizer Institution zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung.

Die Akademien
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. In der wissenschaftlichen Gemeinschaft verankert, haben sie Zugang zur Expertise von rund 100 000 Forschenden.

«Es ist ganz wichtig, sich breit zu interessieren.»
Kevin Schawinski Seite 30

«Halbautonome Autos sollten wissen, in welchem emotionalen Zustand der Lenker ist.»
Jean-Philippe Thiran Seite 40

«Absolut einsprachiger Unterricht ist nicht mehr haltbar.»
Rita Franceschini Seite 22

Intelligenter Teddybär und Freund mit Kulleraugen: Musio X. Er ist Gesprächspartner und Englischlehrer für Kinder und Erwachsene. Bild: AKA, LLC