



Personalisierte  
Medizin  
für Anfänger  
Seite 25

## Waffen: entwickeln, verkaufen, benutzen ..... 10

EPFL: Bilanz der Ära Patrick Aebischer ... 29      Abschied vom Wachstum fällt schwer .... 34      Die Suche nach dem optimalen Gras ..... 46

## Ein Tabu brechen

Ein Fleischmesser ist ein Beispiel für ein Produkt mit doppeltem Verwendungszweck: Es lässt sich zivil oder als Waffe nutzen. Dieses Dual-Use-Konzept findet sich auch in der Schweizer Gesetzgebung, die versucht, ethische Fragen zur Waffenindustrie zu regeln, indem sie militärische Güter in Kategorien einteilt, ebenso wie die Länder – je nachdem, ob Exporte dorthin zulässig sind oder nicht.

Die Dual-Use-Frage betrifft auch Forschungsgebiete mit militärisch nutzbaren Anwendungen wie Kryptografie, Robotik oder Virologie. In Schweizer Forschungsinstituten wird darüber aber nicht gern gesprochen. Diese Frage sei für sie nicht relevant, meinen einige, bevor sie einräumen, dass sie tatsächlich Forschung betreiben, die der Exportkontrolle durch das Staatssekretariat für Wirtschaft untersteht. Damit Akteure aus Politik und Medien ebenso wie das Volk eine sachlich fundierte Meinung bilden können, ist mehr Transparenz erforderlich.

Eine Initiative der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz bricht nun das Tabu: Im Frühling 2016 hat das Forum Genforschung einen Dialog mit Forschenden der Biowissenschaften lanciert, in dem die Gefahr eines doppelten Verwendungszwecks ihrer Arbeiten diskutiert wird, beispielsweise für biologische Waffen.

Die akademische Welt kämpft nicht grundlos für die Freiheit der Forschung. Aber die Freiheit hat ohnehin Grenzen: finanzielle, ethische oder gesetzliche. «Es gibt viele Dinge, die Technologie nie tun dürfen sollte. Verhindern lässt sich dies, indem man sie gar nicht entwickelt», erklärte Anfang 2016 der Apple-CEO Tim Cook in seinem Kampf gegen das FBI, das ihn zur Entschlüsselung des Telefons eines Terroristen zwingen wollte. Einige deutsche Universitäten unterstellen sich freiwillig einer «Zivilklausel», die nur Forschung zu zivilen Zwecken zulässt. Unabhängig davon, ob sich die akademische Welt in der Schweiz zu einer solchen Massnahme entschliesst, muss sie zumindest offen über ihre Haltung gegenüber militärisch nutzbarer Forschung nachdenken. Andernfalls muss sie damit rechnen, dass ihr staatliche Stellen ungefragt Zügel anlegen und die Zivilgesellschaft unangenehme Fragen stellt.



Daniel Saraga, Chefredaktor

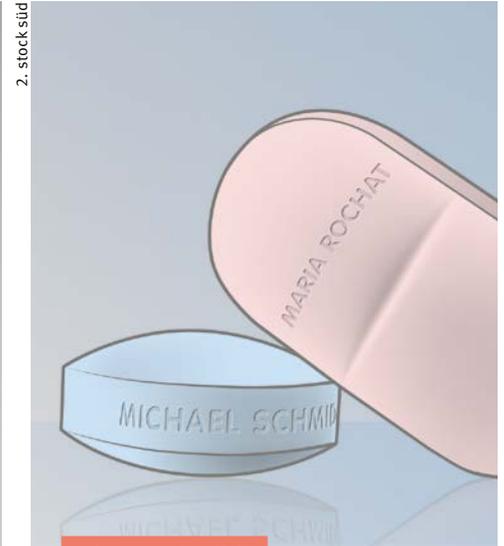
# horizonte





Konzept: Max Brück/Foto: Jamine Bächle

Schwerpunkt Waffen



2. stock süd

Wissen und Politik

## 10 Waffen schaden, Waffen schützen

In der Schweiz werden Waffen gebaut, gehandelt, getragen - und benutzt. Annäherungen an ein sehr ambivalentes Verhältnis.

### 12 Die unbeliebte Frage

An Schweizer Hochschulen fliessen auch Rüstungsgelder in die Forschung. Über Waffenforschungsprojekte wird kaum geredet.

### 15 Kämpfen im 21. Jahrhundert

Ein Überblick über die Technologien, mit denen die Schlachten der Zukunft geschlagen werden.

### 18 Umstrittene Exportware

Die Schweiz handelt mit Kriegsgütern, will damit aber keine bestehenden Konflikte nähren. Das ist kompliziert.

### 20 Vom bewaffneten Adel zur befriedeten Gesellschaft

Der Staat regelt, wer welche gefährlichen Gegenstände besitzen darf. Das war nicht immer so.

### 24 «Die Bienen sind unter Druck»

Markus Fischer von der Plattform für Biodiversität erklärt, wie es um die Bestäuber steht.

### 25 Mehr Daten, bessere Therapie

Die Schweiz will auf dem Weg zur personalisierten Medizin ihre Gesundheitsdaten besser erforschen.

### 29 Das Ende der Ära Patrick Aebischer

Patrick Aebischer hat die EPFL als eine der weltbesten Einrichtungen etabliert. Eine Bilanz.

◀ Umschlag: Papiermodell des weltweit verwendeten Sturmgewehrs MP7A1. Das echte Gewehr von Heckler und Koch wiegt 1,9 Kilogramm und feuert mit einer maximalen Kadenz von 950 Schuss pro Minute. Bild: Stöh Grünig

◀ Titelbild innen: Das Bastelset von Papafoxtrott besteht aus sieben A3-Bogen, die Papierdicke beträgt 0,5 Millimeter. Geschätzte Bastelzeit: 16 Stunden. Bild: Stöh Grünig

# 32

Valérie Chételat



Kultur und Gesellschaft

## 32 **Der Alltag in der Antike ist ihr Alltag**

Sabine Huebner untersucht das Leben der kleinen Leute in der Antike. Patchworkfamilien waren damals normal.

## 34 **Dem Wachstum gehts an den Kragen**

In entlegenen Schweizer Tälern könnte - wie in ostdeutschen Städten - schrumpfen statt investieren die Lösung sein.

## 37 **Trepanation war nicht in jedem Fall tödlich Parlamentarier werden den Parteien treuer Was Vögel zur Gleichberechtigung beitragen**

# 40

Keystone/LAIF/Jun Michael Park



Umwelt und Technik

## 40 **Menschen kriegen Konkurrenz**

Künstliche Intelligenz entwickelt sich dank künstlicher neuronaler Netze rasant. Diese lernen ähnlich wie echte Neuronen.

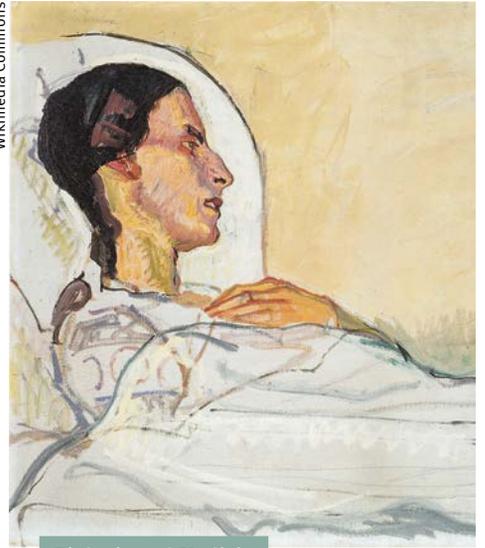
## 42 **Der Goethe der Mathematik**

Der Nachlass von Leonhard Euler wird seit mehr als hundert Jahren ediert. Das Ende ist in Sicht - mit einem Aber.

## 43 **Kalte Transistoren sind ein Phantom Wie Eiskristalle die Erde wärmen Vor dem Klima sind nicht alle Wälder gleich**

# 44

Wikimedia Commons



Biologie und Medizin

## 44 **Mehr als Morphinum**

Palliative Care will schwerstkranke Menschen nicht heilen, sondern ihr Leiden lindern. Doch der Ansatz hat es schwer.

## 46 **Perfektioniertes Gras**

Ein Gen könnte helfen, ertragreicheres Futtergras zu züchten.

## 47 **Nützliches Rauschen der Neuronen**

Neuronen verarbeiten elektrische Signale unterschiedlich. Die Erkenntnis könnte helfen, Epilepsie zu behandeln.

## 48 **Das Genom der Bettwanze geknackt Wie Schweine zu Organ Spendern werden Strom im Kopf gegen die Depression**

### Im Bild

6 Eine Kartografie der SNF-Forschung

### kontrovers

8 Sollen wir an parallele Universen glauben?

### Vor Ort

38 Tunnel bauen braucht Bauchgefühl

### Wie funktioniert?

49 Gehirn und Sinnesorgane der Drohne

### Aus erster Hand

50 Sprachen sind eine Ressource

### SNF und Akademien direkt

51 Martin Vetterli wird EPFL-Präsident





## Die Galaxie der Schweizer Forschung

355 000 Kooperationen, 45 000 Forschende, 25 000 Projekte: In diesem Netz sind alle zwischen 2006 und 2015 vom Schweizerischen Nationalfonds finanzierten Projekte dargestellt. Die Computergrafik wurde von Martin Grandjean von der Universität Lausanne (UNIL) erstellt, einige Tage nach der Veröffentlichung der Datenbank P3 (Personen, Projekte und Publikationen) auf [p3.snf.ch](http://p3.snf.ch).

Die Punkte stellen die Forschenden dar. Die Grösse der Punkte ist proportional zur Anzahl Projekte, an denen die Forschenden mitwirken. Ihre Farbe gibt von dunkel bis hell die Anzahl Kooperationen an. Diese sind durch Linien wiedergegeben.

Eng verknüpfte Gemeinschaften lassen sich im zentralen Bereich des Netzes finden, das Zentrum selbst weist allerdings nicht die grösste Dichte auf. Wie Satelliten im fernen Orbit schweben weiter ausser Wissenschaftler, deren Namen nur in einer begrenzten Anzahl von Projekten auftauchen oder die in einem Bereich forschen, in dem nur sehr wenige, ebenfalls isolierte Personen tätig sind.

Die Forschungsdisziplin ist ein strukturierendes Element des Netzwerks: Medizin und Informatikwissenschaften befinden sich links, Chemie und Biologie oben, Erdwissenschaften und Physik rechts und Geistes- und Sozialwissenschaften unten.

«Diese frühe Analyse bleibt auf einer strukturellen Ebene», erklärt Martin Grandjean: «Wirklich aufschlussreich wird die Grafik erst, wenn systematisch weitere qualitative Ebenen wie die Disziplinen, die Einrichtungen oder auch die Mobilität der Forschenden einbezogen werden. Diese Informationen sollen mit einer Datenbank aller Schweizer Professoren verknüpft werden und in Zusammenarbeit mit Pierre Benz und Thierry Rossier vom *Observatoire des élites suisses* der UNIL umfassendere Analysen ermöglichen.» *dsa*

Bild: Martin Grandjean

# Sollten wir an parallele Universen glauben?

Manche Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler glauben, unser Universum könnte eines von vielen sein. Sollten wir sie ernst nehmen, obwohl es keine experimentellen Beweise gibt? Zwei Experten äussern sich.

Martin Rees / © Keith Mindham; Carlo Rovelli / © Grégory Scicluna (Fotomontage)



## Ja,

wir sollten offen bleiben, sagt Astrophysiker Martin Rees.

Wie gross ist die physikalische Realität? Wenn wir zum Horizont blicken, sehen wir nur ein endliches Volumen - eine uns umgebende Hülle, die absteckt, wie weit Licht seit dem Urknall gereist ist. Die physikalische Bedeutung dieser Hülle ist jedoch nicht grösser als die des Kreises, der als Horizont wahrgenommen wird, wenn man sich mitten im Ozean befindet. Wir gehen davon aus, dass es noch viele weitere Galaxien jenseits des Horizonts gibt, und obwohl wir diese nicht sehen können, sind wir von ihrer Existenz überzeugt.

Es ist selbst denkbar, dass diese Art von erweiterter Realität noch nicht alles ist. Während Raum und Zeit möglicherweise durch die Auswirkungen «unseres» Urknalls begrenzt sind, deuten andere Theorien darauf hin, dass unser Urknall in Tat und Wahrheit nur einer von vielen ist. Mit anderen Worten ist das, was wir bis anhin «Universum» genannt haben, möglicherweise lediglich eine Insel inmitten einer vielleicht unendlichen Raum-Zeit-Inselgruppe. Damit stellt sich folgende Frage: Weshalb sollten diese Gebiete einen andern erkenntnistheoretischen Status haben als Galaxien jenseits unseres sichtbaren Horizonts?

Manche behaupten, unbeobachtbare Dinge seien nicht wissenschaftlich. Ich finde diese Betrachtungsweise falsch. Obwohl wir nicht ins Innere schwarzer Löcher blicken können, glauben wir, was die Relativität über ihr Innenleben sagt, weil diese Theorie ein beobachtbares Phänomen korrekt beschreibt. Gäbe es ein physikbasiertes Modell, das unser Universum in den frühesten Momenten beschreiben könnte und zudem anderweitig gestützt wäre, müsste man dieses auch ernst nehmen, wenn es auf mehrere Urknalle hindeuten würde.

«Manche behaupten, unbeobachtbare Dinge seien nicht wissenschaftlich. Ich finde dies falsch.»

Martin Rees

Ein weiterer Streitpunkt ist die Idee (Teil der Stringtheorie), dass jedes Universum im Multiversum eigenen physikalischen Gesetzen unterliegt. Wäre dies der Fall, würden wir uns nicht über die

Tatsache wundern, dass die fundamentalen Konstanten - also die Zahlen, die das Universum bestimmen, in dem wir leben - fein abgestimmt sind zugunsten der Entstehung von Leben. Wir würden ganz selbstverständlich in einem der Universen leben, in dem sich Beobachter gut entwickeln könnten.

Dies würde also bedeuten, dass die fundamentalen Konstanten nichts weiter sind als Zufälle - sekundäre Folgen einer anderen, tiefer greifenden Theorie. Das ist natürlich enttäuschend für ambitionierte Theoretikerinnen und Theoretiker, die sich profundere Erklärungen für die Welt wünschen, in der wir leben. Unsere Wünsche sind aber in Bezug auf die physikalische Realität irrelevant. Wir sollten auf jeden Fall gegenüber der möglichen Existenz mehrerer Universen offen sein.

Sir Martin Rees ist Professor an der Universität Cambridge. Er ist Astronomer Royal und ehemaliger Präsident der Royal Society.



# Nein,

die Evidenz ist ungenügend, sagt der theoretische Physiker Carlo Rovelli.

Die Welt könnte weitaus grösser sein als das bisher vermessene Gebiet. In der Vergangenheit wurde immer wieder festgestellt, dass dieses grösser ist als angenommen. Es waren bei jedem dieser Schritte schliesslich Beweise, die überzeugten. Im 17. Jahrhundert zeigte der Wissenschaftler Johannes Kepler auf, dass ein heliozentrisches Modell des Universums planetarische Bewegungen besser vorausszusehen vermag als ein geozentrisches. Und die Astronomin Henrietta Leavitt entwickelte zu Beginn des 20. Jahrhunderts eine Technik, die Nebel als entfernte Galaxien enttarnte.

Dem Multiversum fehlt eine solche empirische Basis. Hinzu kommt, dass zahlreiche, sehr unterschiedliche Versionen dieser Idee existieren. Quasi ein ganzer Zoo von Multiversumstypen - jeder davon von einer eigenen theoretischen Motivation getrieben. So gehen beispielsweise manche Kosmologinnen und Kosmologen von mehreren Urknallen aus - dabei kreiert jeder Urknall ein neues Universum. Manche Physikerinnen und Physiker versuchen wiederum die Eigenart der Quantenmechanik zu verstehen, indem sie sich vorstellen, dass sich das Universum stetig über multiple Paralleluniversen ausbreitet.

Eine frühe Version dieser Idee wurde in den 1990er Jahren durch den theoretischen Physiker Lee Smolin angetrieben. Er behauptete, Universen entstünden innerhalb schwarzer Löcher, die wiederum neue «Baby-Universen» erschaffen würden. Dieser Mechanismus implizierte eine Art darwinistische Evolution, in der nur diejenigen Universen selektiert werden, die weitere schwarze Löcher generieren - eine faszinierende Ausdehnung biologischer Konzepte auf den Kosmos. In der Tat versuchte Smolin, im Gegensatz zu vielen Befürworterinnen und Befürwortern des Multiversums, stets die beobachteten Konsequenzen abzuleiten.

«Die Wissenschaftsgeschichte ist gespickt von Ideen, die sich als unbrauchbar herausstellten.»

Carlo Rovelli

Ein gängiges Argument zugunsten des Multiversums ist, dass es eine Erklärung dafür sein könnte, weshalb die Natur-

konstanten derart fein auf unsere Existenz abgestimmt zu sein scheinen. Dieses Argument ist jedoch verkehrt. Die fundamentalen Konstanten bestimmen, wie die Natur funktioniert und demzufolge was existiert - und nicht umgekehrt. Wären es andere Konstanten, wäre das Universum eben auch ein anderes. Vielleicht sogar ein noch viel reicheres und komplexeres. Doch darüber wissen wir noch zu wenig.

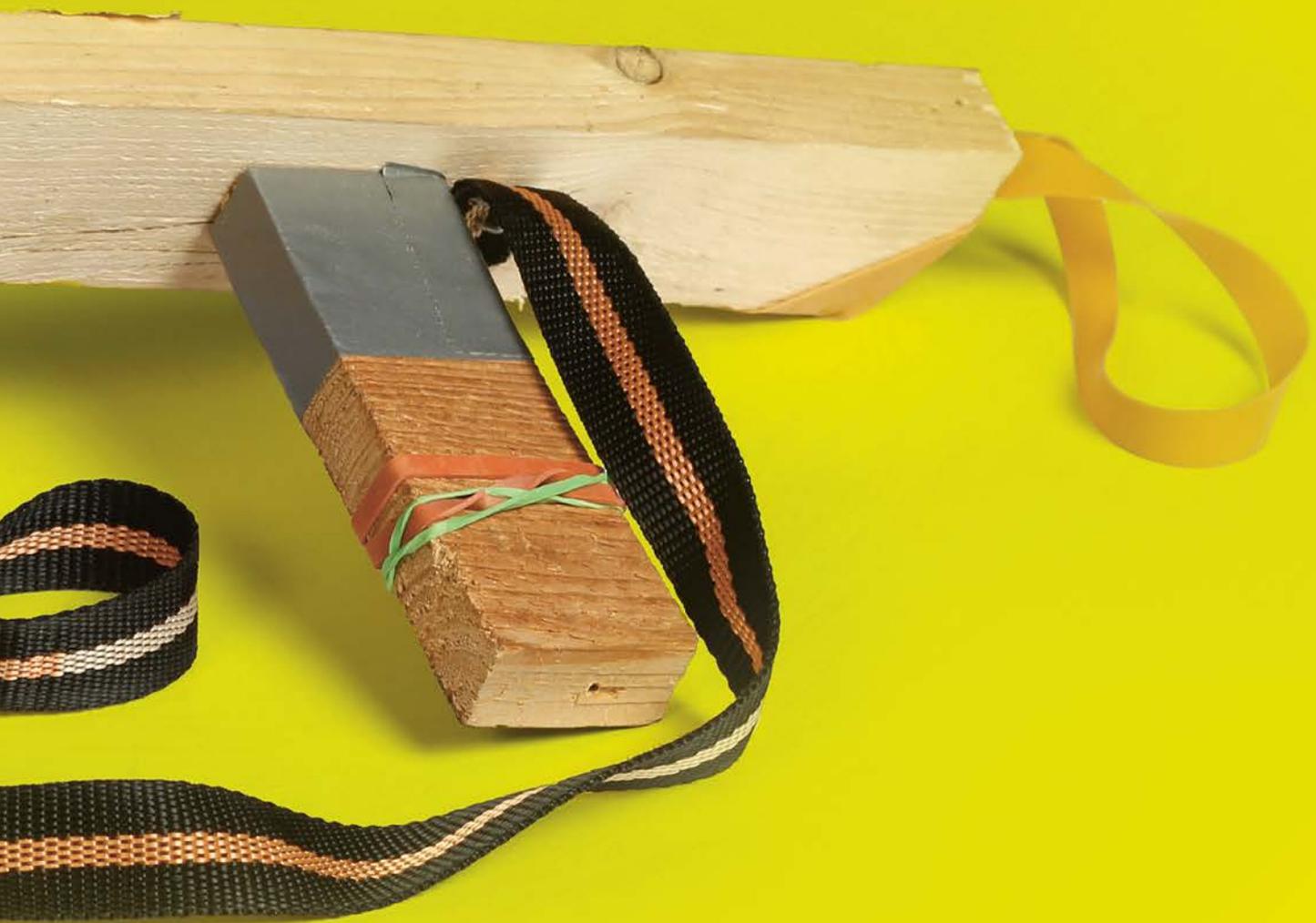
Verstehen Sie mich nicht falsch, ich respektiere Kolleginnen und Kollegen, die spekulieren. Vielleicht wird die Idee eines Multiversums eines Tages auch seriös prüfbar sein. Bis dahin sollten Physikerinnen und Physiker aber zurückhaltend sein, wenn sie Spekulationen als Wissen verkaufen. Es ist schnell passiert, dass sich Forschende in ihren Ideen verlieren. Die Wissenschaftsgeschichte ist voll von faszinierenden Ideen, die sich später als unbrauchbar herausstellten. Zu behaupten, wir wüssten, was ausserhalb des aktuell beobachtbaren Universums liegt, ist, als ob wir sagen würden, wir hätten Beweise für Engelschöre jenseits der Fixsterne.

Carlo Rovelli ist Professor an der Universität Aix-Marseille in Frankreich. Er ist Mitbegründer der Theorie für Schleifen-Quantengravitation.



## Forschen, verkaufen, verteidigen, angreifen

Seit der Mensch Werkzeuge nutzt,  
verwendet er auch Waffen. Offen über  
Waffen zu sprechen verursacht jedoch -  
auch bei Universitäten - Unbehagen.



■ **Spielzeuggewehr, 2014. Gebaut von einem Besucher der Bauhütte von Max Brück am Rundgang der Hochschule für Gestaltung Offenbach. Thema: Waffenspielzeuge der Kindheit nachbauen. Die Resonanz auf den Workshop war ähnlich wie die Reaktion auf Waffen selber, zwischen Faszination und totaler Ablehnung.**

Bild: Janine Bächle

# Der Dual-Use-Joker

Schweizer Hochschulen reden nicht gern über Waffenforschung. Sie argumentieren, zivil ausgerichtete Forschung könne immer auch militärisch genutzt werden.

Von Roland Fischer

**D**arf eine Hochschule Waffen entwickeln und Wissen gewinnen, das für kriegerische Zwecke eingesetzt werden kann? Diese komplexe Frage ist ein politisches Minenfeld. Das merkt, wer die Schweizer Hochschulen in der Sache um Auskunft bittet.

Viele sind der Ansicht, die Frage nach militärischer Forschung sei eher hypothetisch. Zum Beispiel lässt die ETH Zürich ausrichten: «Die ETH betreibt keine Waffen-Forschungsprojekte, also Projekte, die ausschliesslich und explizit auf die Entwicklung oder Weiterentwicklung von Waffen ausgerichtet sind. Daher gibt es auch kein Register für solche Projekte.» Noch weniger - präziser gesagt gar keine - Bedeutung misst die Uni Basel der Frage nach militärisch nutzbarer Forschung bei: «Die Uni Basel hat ihre Schwerpunkte in den Life Sciences und den Geisteswissenschaften. In diesen Disziplinen betreiben wir primär Grundlagenforschung. Ob die Resultate dieser Grundlagenforschung in naher oder ferner Zukunft militärisch genutzt werden können, ist zum aktuellen Zeitpunkt nicht absehbar. Deshalb ist die Waffenforschung bei uns kein Thema.»

## Eine unangenehme Frage ...

Expliziter wird die EPFL. Auch sie beharrt darauf, Grundlagenforschung mit vornehmlich ziviler Ausrichtung zu betreiben und die Resultate immer öffentlich zu machen. Das vertrage sich schlecht mit militärischen Forschungsprojekten. Jedoch verweist sie auf Anfrage auch auf gelegentliche Konsultationen beim Staatssekretariat für Wirtschaft, Seco - wegen Ausfuhrbewilligungen für Dual-Use-Güter (zivil und militärisch einsetzbare Produkte) und «besondere militärische Güter», also Produkte, die nicht direkt im Kampf eingesetzt werden können. Man halte sich da streng an die Richtlinien.

«Wir führen kein Register für Waffenprojekte.»

ETH Zürich

Sicher ist, dass auch in der Schweiz Rüstungsgelder in die Forschung fliessen. Vom Bundesamt für Rüstung, Armasuisse, gingen 2015 rund 3,4 Millionen Franken an die Schweizer Hochschulen, wie Armasuisse auf Anfrage bekannt gibt. Ohne Fachhochschulen waren es 2,7 Millionen Franken. Auskunft zu konkreten Projekten gibt es auch hier keine. Immerhin existiert eine Übersichtsliste aller Institutionen, mit denen Forschungspartnerschaften bestehen. Aufgeführt sind die Universitäten Bern und Zürich, die beiden ETHs, eine ganze Reihe von Fachhochschulen, die Empa und Agroscope sowie

im Ausland die University of Oxford und die Technische Universität Kaiserslautern. Zur laufenden Zusammenarbeit mit Armassuisse präzisiert die Universität Bern auf Anfrage, es handle sich um zwei Projekte des Instituts für Infektionskrankheiten mit dem Labor Spiez des Bundesamts für Bevölkerungsschutz. «Beide Projekte wurden vom Fachbereich Biologie bearbeitet und bezwecken, die Nachweis-Möglichkeiten für Mikroorganismen (konkret: neu auftretende bisher unbekannte Viren) und deren Toxine (Botulinumneurotoxin, ein Nervengift) zu verbessern resp. zu ermöglichen.» Zuerst hatte die Uni ebenfalls ausrichten lassen, es würden «an der Universität Bern keine Waffenforschungsprojekte bearbeitet».

Auch hat die Sonntagszeitung 2013 publik gemacht, dass das Pentagon mit seinem Programm Darpa von 2011 bis 2013 rund ein Dutzend Forschungsprojekte in der Schweiz mit insgesamt mehr als einer Million Dollar unterstützte. Das amerikanische Rüstungsgeld ging unter anderem an die ETH Zürich und die Universitäten Zürich, Bern und Neuenburg. Finanziert wurden vorwiegend Projekte in der Grundlagenforschung, zum Beispiel der Quanteninformatikverarbeitung oder Mikroelektronik. Manche Arbeiten sind anwendungsbezogener, wie zum Beispiel die Entwicklung einer tragbaren Teleskop-Kontaktlinse oder die Erforschung der Evolution von Grippeviren.

### ... führt zu einem Eiertanz

Warum aber zieren sich die Hochschulen so, die Frage nach der militärisch nutzbaren Forschung zu beantworten? Eine mögliche Erklärung liegt im Begriff Dual-Use und in der Tatsache, dass die Grenze zwischen ziviler und militärischer Nutzung von Forschungsergebnissen fließend ist. Das wird umso deutlicher, je näher man bei der Grundlagenforschung ist. Die Universität Zürich nimmt in ihrer Stellungnahme direkt darauf Bezug: «Die UZH nimmt bei Forschungsvorhaben mit Dual-Use-Potenzial eine Güterabwägung vor. Solche Forschungsprojekte müssen von der Universitätsleitung genehmigt und die wissenschaftlichen Resultate müssen öffentlich zugänglich gemacht werden.»

Viele der vom Militär finanzierten Forschungsprojekte an Universitäten fallen unter diese Kategorie. Und viele, die in diesem Bereich forschen, rechtfertigen ihre Offenheit solchen Finanzierungen gegenüber damit, dass sie die zivile Nutzung im Vordergrund sehen. Ein gutes Beispiel ist ein von den USA unterstütztes Projekt zum Aufspüren von Weltraumschrott der Universität Bern: Es ist zwar von der US Air Force finanziert, hat aber doch einen unbestreitbaren Nutzen für die Allgemeinheit, da im Orbit kreisende Trümmerteile auch zivile Satelliten gefährden.

«Fehlt die Erklärung, dass die Forschungsziele ausschliesslich zivilen Zwecken dienen, wird das Projekt nicht angenommen.»

TU Berlin

Ob man von manchen Forschungsprojekten die Finger lassen soll, lässt sich also selten eindeutig entscheiden. Eine klare Richtlinie kennen Universitäten mit einer Zivilklausel, wie zum Beispiel die Technische Universität Berlin. Diese schreibt vor, es solle «[...] keine Rüstungsforschung durchgeführt werden. Weiterhin [...] sollen von der TU Berlin bzw. von ihren Forschungseinrichtungen keine Aufträge oder Zuwendungen für rüstungsrelevante Forschung entgegengenommen werden.»

Die Grenze zwischen ziviler und militärischer Nutzung von Forschungsergebnissen ist fließend.

Die TU Berlin hat die Zivilklausel 1991 beschlossen, kurz nachdem die die strengen Bestimmungen zu naturwissenschaftlicher Forschung weggefallen waren, die nach dem Zweiten Weltkrieg festgesetzt worden waren. Das Kontrollratsgesetz Nr. 25 aus dem Jahr 1946 verbot in Deutschland jegliche militärische Forschung wie auch angewandte Forschung in einer Reihe von Bereichen, die sowohl einen zivilen als auch militärischen Nutzen besaßen. Beispiele sind die Kernphysik, der Flugzeug- und Schiffbau, die Radar- und Sonartechnik und die Kryptografie. Ausgenommen - aber dennoch streng kontrolliert - war die Grundlagenforschung.

### Kommission wie bei Tierversuchen

Die Zivilklausel ist mehr als eine Absichtserklärung, sie ist eine Art selbst auferlegte Unfreiheit der Forschung. An der TU Berlin entscheidet eine Kommission im Zivilklausel-Verfahren, ob ein Projekt bewilligt wird oder nicht. Im letzten Jahr blieb allerdings nur ein Projekt hängen, obwohl die Hochschule die Klausel nach eigenen Angaben

sehr explizit handhabt: «Jedes Forschungsprojekt muss in der TU-Forschungsabteilung angezeigt werden, und es muss mit einer verbindlichen Erklärung versichert werden, dass die Forschungsziele ausschliesslich zivilen Zwecken dienen. Fehlt diese, wird das Projekt nicht angenommen. Bei Industrieprojekten wird mit dem Vertragspartner im Vertragswerk schriftlich fixiert, dass die Forschungsergebnisse ausschliesslich für zivile Zwecke eingesetzt werden.» Das Präsidium entscheidet in Einzelfällen darüber, ob alle Zweifel eindeutig ausgeräumt wurden. Bleiben Zweifel bestehen, werden die Projekte abgelehnt.

Das Vorgehen erinnert an Projekte mit Tierversuchen oder medizinische Studien, bei denen eine Ethikkommission in den Entwicklungsprozess eingebunden wird, die mächtig genug ist, ein Projekt im Zweifelsfall auch zu stoppen. Die ethische Absicherung ist keine Alibiübung: Es gibt eine Reihe von Gesetzen, die der Forschung Grenzen auferlegen. Insofern stimmt die Annahme, die Forschung sei frei, nicht ganz. Für potenzielle Waffenforschung allerdings existiert keine ähnlich restriktive Gesetzgebung - nicht einmal in Japan, wo es eine sehr starke Friedensströmung auch an Universitäten gibt.

### Mehr Transparenz erreichen

Oft argumentieren Forschende und Hochschulen auch, die militärische Forschung würde ohnehin betrieben, wenn nicht an den Hochschulen, dann hinter verschlossenen Türen in spezialisierten Forschungslabors. In der Schweiz wäre das zum Beispiel bei der Ruag. Der Konzern hat 2014 nach eigenen Angaben 140 Millionen Franken in Forschung und Entwicklung investiert - auch in diverse Forschungspartnerschaften mit Industrie und Hochschulen. Mit Details, zum Beispiel welche dies sind, wird aber auch hier lieber gespart.

In Deutschland sind etliche Hochschulen dem Vorbild der TU Berlin gefolgt und haben eine Zivilklausel eingeführt. In

## Forscher fanden in der Schweiz keine enge Verstrickung von Hochschule und Militär.

der Schweiz dagegen gibt es keine ähnlichen Klauseln. Wenig überrascht, dass es die Gruppe für eine Schweiz ohne Armee (GSoA) ist, die regelmässig nach Beschränkung der Rüstungsforschung auch in der Schweiz ruft. Doch auch sie weiss um die Gretchenfrage Dual-Use. Thomas Leibundgut, der das Dossier betreut, geht davon aus, dass eine Zivilklausel in der Schweiz wohl nur sehr wenige Projekte betreffen würde «An den Schweizer Hochschulen spielt explizite Waffenforschung eine marginale Rolle.» Er findet: «Wenn über Zivilklauseln diskutiert wird, ist schon viel gewonnen.»

«Wichtig wäre es, nur schon zu wissen, was genau geforscht wird»

Corina Liebi

Die GSoA versucht darum via Studierendenschaften, politischen Druck gegenüber den Unileitungen aufzubauen. Zum Beispiel in Bern. Dort ist der Vorstand der Studentinnenschaft daran, bei der Universitätsleitung und den Fakultäten Informationen über Rüstungsforschung an der Universität Bern einzuholen. «Es geht um Prävention, nicht unbedingt darum, konkrete Projekte zu stoppen», sagt Geschichtsstudentin Corina Liebi, die das Postulat in Kollaboration mit der GSoA angestossen hat. Damit wird die Frage nach der Rüstungsforschung in einen grösseren forschungspolitischen Zusammenhang gestellt: der oft kritisierten Intransparenz bei drittmittelfinanzierter Forschung. Liebi hofft auf eine Veränderung in dem Bereich: «Wichtig wäre es, nur schon zu wissen, was genau geforscht wird und welcher Art die Deals sind.»

### Nur wenig Waffenforschung

Allerdings profitieren die Schweizer Hochschulen nur wenig von Rüstungsgeldern. Eigentlich hatte der Technikhistoriker David Gugerli, als er mit einem Team die ETH-Geschichte aufarbeitete, durchaus erwartet, auf einen «militärisch-pädagogischen Komplex» zu stossen. Denn früher war die Sache mal klar, zumindest bei den Techni-

schen Hochschulen: Bis zur industriellen Revolution stand der Wissenschaftler vorwiegend im Dienste des Militärs, er kannte sich aus im Festungsbau oder mit Ballistik. Und er erwarb die entsprechenden Kenntnisse an spezialisierten Hochschulen.

Doch Gugerli und sein Team wurden überrascht: Sie fanden keine solche enge Verstrickung von Hochschule und Militär. Die Gründe dafür sieht Gugerli schon bei der Gründung der ETH, die in Abgrenzung gegenüber der französischen Ingenieurstradition vollzogen wurde - man wollte nicht Paläste und Festungen bauen sowie Rüstungsgüter herstellen können, sondern dachte vor allem an ein schweizerisches Zivilbauwesen und den Maschinenbau. Insofern lasse sich in Sachen Waffenforschung ein Sonderfall Schweiz konstatieren, sagt Gugerli. Was allerdings nicht bedeute, dass auch die Schweizer Industrie die Finger von Rüstungsprojekten gelassen hätte. Der Technikhistoriker nennt das Beispiel Bührlé und meint, die interessante Frage sei, ob die Firma für den Erfolg die Hilfe des Bundes gebraucht habe: «In anderen europäischen Ländern gab es eine prononcierte nationale Technologiepolitik, zum Beispiel in Frankreich. In der Schweiz wurde ähnliches auch versucht, aber kaum mit Erfolg.»

Wer jedoch über die Schweiz hinaus und zurück in die Wissenschaftsgeschichte blickt, stellt fest: Ohne Grossprojekte während und nach dem Zweiten Weltkrieg wäre die Grundlagenforschung nicht da, wo sie heute steht. Das Manhattan Project, bei dem ab 1942 rund 150 000 Forscher und Techniker an der Atombombe arbeiteten, hat diesbezüglich Massstäbe gesetzt. In der Folge wurde die Kernforschung zu einem Paradebeispiel für die Dual-Use-Thematik - und ist es bis heute geblieben.

Roland Fischer ist Wissenschaftsjournalist in Bern.

# Waffen der Zukunft

Mit welchen Waffen werden die Konflikte der Zukunft ausgefochten? Eine Auswahl neuer Technologien und Entwicklungen zeigt: Science-Fiction wird Realität.

Von Roland Fischer, Illustrationen von Ikilo

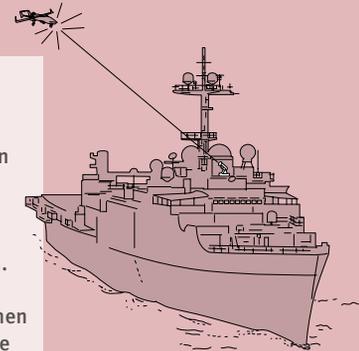


## Mikrowellenwaffen

Die amerikanische Luftwaffe hat unlängst bestätigt, dass Flugzeuge vom Typ AC-130, eine Kombination von Transporter und Kampfflugzeug, mit Mikrowellenwaffen ausgerüstet werden. Solche «Active denial systems» werden schon seit einigen Jahren getestet, zum Beispiel auch im Einsatz gegen Mobs. Sie sollen getroffene Menschen zeitweilig ausser Gefecht setzen, indem die oberflächlich in die Haut eindringenden Mikrowellen für lokale Hitze und damit starke Schmerzreize sorgen. Noch ist umstritten, ob die Mikrowellen für den Menschen wirklich ungefährlich sind. Experten gehen davon aus, dass die Systeme eher aus politischen denn aus technischen Gründen noch nicht verbreitet eingesetzt werden.

## Laser

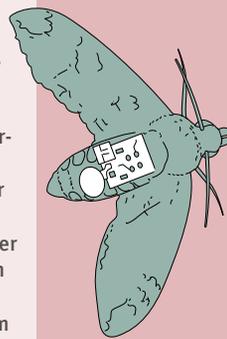
Laserwaffen, die schneiden und zerstören, sind seit wenigen Jahren einsatzreif. Das US-Schlachtschiff USS Ponce kreuzt seit 2014 im Persischen Golf mit einer Laserkanone als Standardwaffensystem. Die exakten Leistungsdaten der Kanone sind geheim. Experten gehen aber davon aus, dass die Waffe, die auf einem handelsüblichen 30-Kilowatt-Schneidlaser basieren soll, eine Reichweite von einem Kilometer für dünnwandige Ziele hat. Das Office of Naval Research der Navy soll bereits an einem Nachfolger mit 100 Kilowatt arbeiten. Daneben befinden sich eine ganze Reihe von weiteren Energiewaffentechnologien im Versuchsstadium.



## Ferngesteuerte Insekten

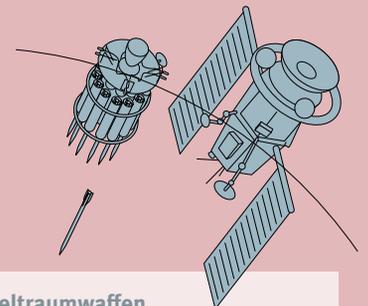
Die Natur ist unserer Technologie in mancher Hinsicht überlegen. Warum also nicht die Biologie und den technologischen Fortschritt verbinden? Eines der überraschendsten Forschungsprogramme der Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), einer Abteilung des US-amerikanischen Verteidigungsministeriums, läuft unter dem Namen «Hybrid Insect Micro-Electro-Mechanical Systems». Es versucht, laufende

wie fliegende Insekten zu züchten, denen bereits im Larvenstadium Mikrokontroller eingesetzt worden sind und die sich dann zu fernsteuerbaren Hybridwesen entwickeln. Einsatzgebiete wären vor allem der Bereich Überwachung und Spionage. Nachgedacht haben die Forscher aber auch über die Verbreitung von Biokampfstoffen. Über konkrete Forschungserfolge ist bislang kaum etwas bekannt.



## Weltraumwaffen

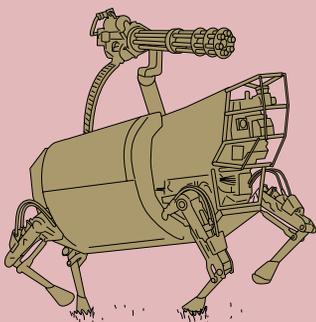
Zwar verbietet das SALT-II-Abkommen aus dem Jahr 1979 die Stationierung von Massenvernichtungswaffen in der Erdumlaufbahn. Konventionelle Waffensysteme werden dennoch weiterentwickelt, darunter auch eine Idee des Science-Fiction-Autors Jerry Pournelle aus den 1950er Jahren, die er «Thor» nannte: aus Satelliten punktgenau fallen gelassene Metallobjekte. Die US Air Force hat vor einigen Jahren ein System mit gegen zehn Meter langen Stäben aus Wolfram vorgestellt, die der enormen Hitze beim Eintritt in die Atmosphäre widerstehen und die mit einer Geschwindigkeit von mehr als 3000 Metern pro Sekunde auf die Erdoberfläche auftreffen und dabei auch dickste Bunkerwände durchdringen würden. Das bleibt wohl Wunschdenken: Die enormen Kosten sprechen gegen die Hammermethode aus dem All.



## Autonome Kampfmaschinen

Auf dem Schlachtfeld der Zukunft machen Maschinen gewalttätige Konflikte unter sich aus – das ist ein beliebtes Science-Fiction-Szenario. Schon die Science-Fiction-Dramaturgie wusste: Kampfroboter können auch gegen Menschen eingesetzt werden. Die vierbeinigen Roboter von Boston Dynamics – 2013 von Google aufgekauft – wurden als maschinelle Militär-Lastesel entwickelt. Die Maschinen sind mit Wärmesensoren ausgestattet und

laufen schön bei Fuss. Sie lassen erahnen, dass die Technik demnächst so weit sein wird, Roboter auch zur Jagd auf gegnerische Soldaten zu nutzen. Algorithmen, die autonom über Leben und Tod entscheiden, werfen neue ethische Fragen auf. 2015 haben sich 2000 Experten, darunter Stephen Hawking, Steve Wozniak und Noam Chomsky, gegen den Einsatz von autonomen Waffensystemen ausgesprochen. Das Thema beschäftigt auch die Uno.





■ Wasserspritzpistole (gelb) und Zündplättchenpistole «Colt 3», vermutlich aus der zweiten Hälfte der 1970er Jahre. Fassungsvermögen und Kadenz nicht spezifiziert. Hergestellt in der DDR vom VEB Plastspielwaren Kamenz. Design: Kurt Ali, Baumgarten.

Bild: Keystone/Interfoto/Günter Höhne



■ Soft-Air-Gun der Marke Wei-ETech. Verkaufsjahr 2009. Technische Details unbekannt. Neben Schreckschusspistolen und Soft-Air-Guns unterstehen auch Imitationswaffen seit 2008 dem neuen Waffengesetz. Spielzeugwaffen, die echten Waffen gleichen, dürfen nur noch verkauft werden, wenn der Verkäufer über eine «Waffenhandelsbewilligung für Nichtfeuerwaffen» verfügt.

Bild: Keystone/Urs Jaudas

# Waffen, Panzer und Gesetze

Schweizer Kriegsgüter sind gefragt, der Handel damit ist umstritten.

Text: Marcel Hänggi/Infografik: 1kilo

**Die Schweiz will mit Kriegsgütern handeln, damit aber keine bestehenden Konflikte und Menschenrechtsverletzungen nähren: Der Grundsatz ist einfach, die Praxis kompliziert.**

Im April 2016 bewilligte der Bundesrat Rüstungsexporte in Staaten, die sich am Bürgerkrieg im Jemen beteiligen – darunter Saudi-Arabien. Wie geht das mit dem Grundsatz zusammen, dass die Schweiz keine Waffen für aktuelle Konflikte liefert?

Zwei Gesetze und mehrere internationale Abkommen regeln den Export kriegsrelevanter Güter. Das Kriegsmaterialgesetz verbietet atomare, biologische und chemische Waffen, Antipersonenminen und Streumunition sowie deren Finanzierung vollständig. Anderes Kriegsmaterial darf in Länder exportiert werden, die nicht Krieg führen.

Das Güterkontrollgesetz unterwirft «besondere militärische Güter» (kein direkter Einsatz im Gefecht) und «Dual-Use-Güter» (zivil und militärisch nutzbar) einer Exportkontrolle. Sie dürfen in Krieg führende Länder exportiert werden, es sei denn, internationale Abkommen oder Embargos untersagten dies, die regionale und die globale Stabilität würden gefährdet oder es bestünde Grund zur Annahme, dass die Güter zu terroristischen Zwecken genutzt würden. Exportbewilligungen für militärisch verwendbare Güter erteilt das Staatssekretariat für Wirtschaft

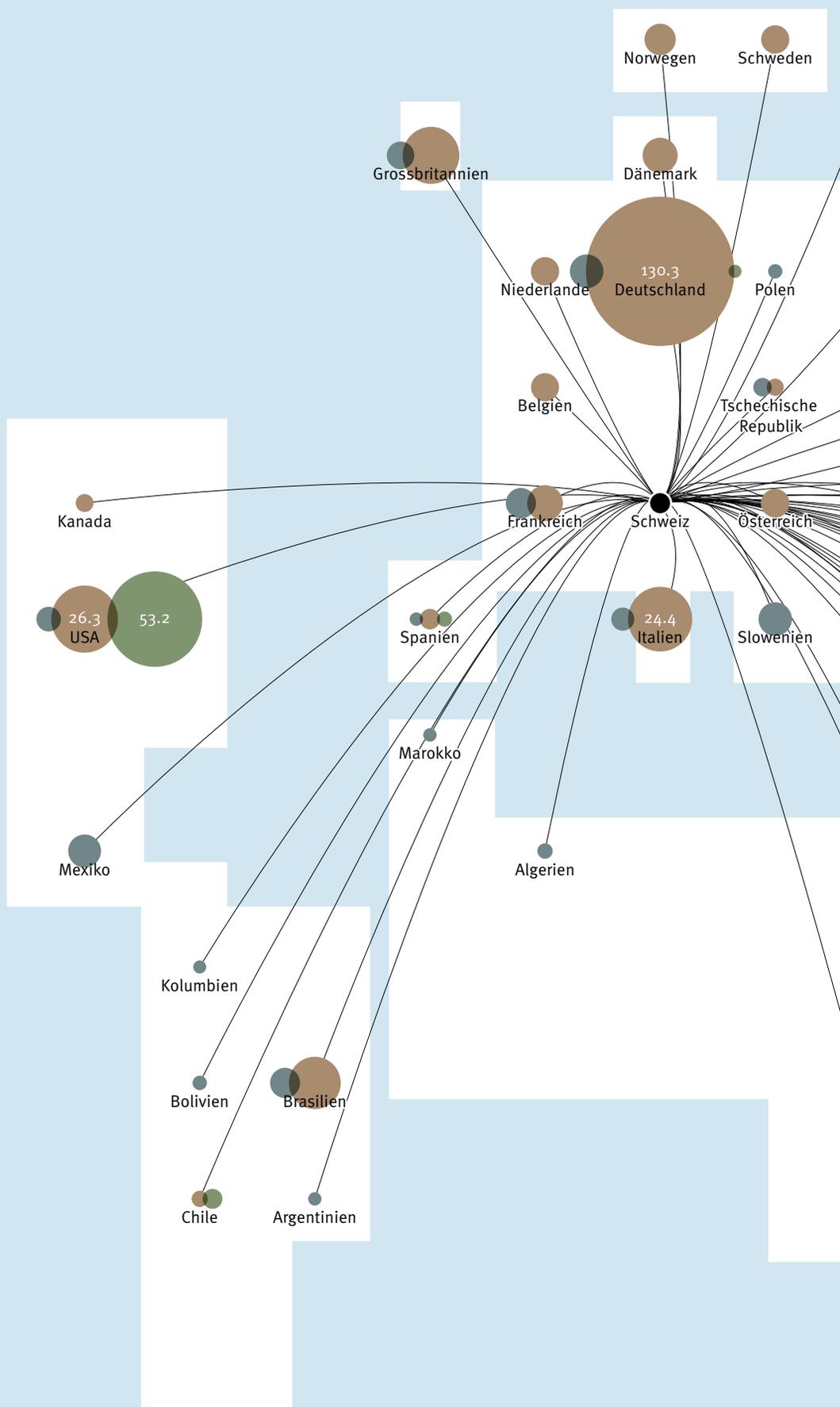
Strittig ist, ob Kriegsmaterial in Staaten geliefert werden darf, die in den internen Konflikt eines andern Staats verwickelt sind. Der Bundesrat schreibt nun, er habe nur Exporte von Kriegsmaterial bewilligt, bei dem «kein Grund zur Annahme besteht, dass es im Jemen-Konflikt zum Einsatz kommen könnte».

Dem Entscheid gingen heftige Diskussionen voraus, und immer wieder gibt es Versuche, die Kriegsmaterialausfuhr strenger zu regeln. Verbote von Kriegsmaterialexporten scheiterten zweimal an der Urne: 1972 knapp, 2009 deutlich. Eine Motion für ein Moratorium von Kriegsmateriallieferungen in Länder, die sich am Krieg im Jemen beteiligen, war in der Sicherheitspolitischen Kommission des Nationalrats diesen Februar chancenlos.

Und 2014 wurde die Bestimmung aufgeweicht, wonach kein Kriegsmaterial an Staaten geliefert wird, die systematisch und schwerwiegend die Menschenrechte verletzen: Solche Exporte sind neu erlaubt, wenn das Risiko, dass die Menschenrechtsverletzungen mit dem Schweizer Material geschehen, gering ist.

Marcel Hänggi ist Wissenschaftsjournalist in Zürich.

Die grössten Abnehmer sind Saudi-Arabien, China, Indien und Deutschland





# Der Reiz der Waffe

Um die Gesellschaft zu befrieden, kontrolliert der Staat den Waffenbesitz. Das war nicht immer so. *Von Urs Hafner*

**W**er eine Pistole auf seinen Bürotisch legt, muss sich seinen Arbeitskolleginnen und -kollegen sofort erklären, auch wenn die Waffe legal erworben und nicht geladen ist. Jungmänner verstecken ihr illegal gekauftes Butterfly-Messer unter der Bomberjacke, nachdem sie es den Freunden vorgeführt haben. Und wenn Kinder mit Spielzeuggewehren auf andere zielen, werden sie ermahnt, dies zu unterlassen.

Waffen sind in der zivilen Öffentlichkeit tabuisiert. Allerdings verweist dieses Tabu auf eine verborgene Dialektik: Was gefährlich ist, wird verehrt; was man nicht berühren darf, besitzt magische Kräfte. Im Handumdrehen tötet die Waffe einen Menschen. Einerseits sollen sie öffentlich nur von staatlichen Repräsentanten wie Polizistinnen und Soldaten getragen werden. Andererseits aber stehen sie im grossen Imaginationsraum der Gesellschaft, im Spielfilm, im Dauereinsatz. Mit Inbrunst wird dort geschossen und gemordet. Selbst der Pazifist schaut sich Krimis an. Und die Waffen sind unter uns: Wie der Tages-Anzeiger im Dezember 2015 berichtete, sind in der Schweiz fast unsichtbar rund zweieinhalb Millionen legale Waffen im Umlauf; die Hälfte davon sind Armeewaffen.

## Bewaffneter Adel

Bis zum Aufkommen der Friedensbewegung und des Pazifismus um 1900 waren Waffen ausschliesslich positiv besetzte Gegenstände, die stolz zur Schau getragen wurden. Was heute oft kaum sichtbar und in rein funktionaler Gestaltung zirkuliert, prangte während Jahrhunderten reich geschmückt im sozialen Olymp: Das Tragen von Hieb- und Stichwaffen war im Mittelalter und in der frühen Neuzeit dem Adel vorbehalten, der tonangebenden Gruppe, die sich mit Vorliebe hoch zu Ross zeigte. Sie stellte mit ihrem Privileg sicher, dass sie die Macht behielt. Mochte der leibeigene Bauer, der unter den Frondiensten litt, mit dem Dreschflegel aufmucken, gegen den langen Spiess des berittenen Herrn kam er nicht an.

Im Mittelalter lieferten sich adlige Clans blutige Fehden, die Land und Leute belasteten. Ohne sich um Gerichte und Gesetze zu kümmern, verwüsteten die Ritter die Gehöfte der Leibeigenen des Gegners. Dies brachte nicht nur arme Bauern in Not, sondern erschwerte auch die Entstehung sicherer Verkehrswege. Das missfiel den Handel treibenden Bürgern. Im Alltag in Dorf und Stadt wiederum sass den Leuten das Messer oft locker in der Tasche: Ein

falsches Wort, eine als Beleidigung aufgefasste Geste, schon stach man zu. Der Mediävist Arnold Esch hat in seinem Buch «Wahre Geschichten aus dem Mittelalter» (2010) zahlreiche Belege für solche Vorkommnisse zusammengetragen.

### Phallische Säbel

Die Bürgerräte der im Spätmittelalter aufstrebenden Städte hätten diese Gewalttätigkeiten eingedämmt, sagt der Berner Historiker André Hohenstein: «Sie erliessen Friedensbestimmungen: Nicht nur das Zusteichen, sondern bereits das Zücken des Messers und das symbolische Androhen von Gewalt wurden unter Strafe gestellt.» Strafbar machte sich auch, wer zwei Streitähnen nicht «Friede gebot», wer also nicht versuchte, den Streit zu schlichten, sondern sich aus dem Staub machte. Eine verbreitete Strafe habe darin bestanden, das Messer oder den Dolch des Missetäters zu brechen, sagt Hohenstein: «Indem die Obrigkeit die Waffe zerstörte, nahm sie ihm seine männliche Ehre weg.»

Der Staat bestimmt, wer eine Waffe besitzen und zu welchem Zweck er oder sie diese benutzen darf.

Man muss nicht viel Sigmund Freud gelesen haben, um in diesem Akt eine symbolische Kastration zu sehen. Die phallisch aufgeladene Waffe besass im Mittelalter und in der frühen Neuzeit unangefochten einen hohen symbolischen Wert, der seinen Träger zum Mann adelte. Vom «Seitengewehr» flankiert, also mit Säbel oder Degen ausstaffiert, galt er als mächtig, potent, ehrbar.

Männlichkeit und Waffenbesitz sind in der Schweiz und in den Vereinigten Staaten von Amerika noch immer eng verbunden. Während zum Beispiel in den USA Waffenliebhaber an die Frontier-Tradition anknüpfen – an die furchtlosen weissen Siedler, die sich ihr Land rücksichtslos erstritten –, kultivieren manche Schweizer Militärs und Hobbyschützen noch immer einen patriarchalen Republikanismus: Die mutigen Bürgersoldaten bewachen die Landesgrenze und das Eigenheim, in dem sich das Wesen der Frau entfalten kann.

Sowohl die Appenzeller Landsgemeinde, zu der sich die mit dem Degen geschmückten Bürger einfinden, als auch

das berühmte «Sturmgewehr» im zivilen Besenschrank sind Relikte der eidgenössischen Militärtradition. Ein Mann, der nicht bewaffnet ist, ist kein richtiger Mann. Als «Waffe einer Frau» dagegen gelten nur deren körperliche Reize. Die von Frauen am häufigsten getragene tatsächliche Waffe, der Pfefferspray, fällt – anders als etwa in Belgien und den Niederlanden – nicht unter das Schweizer Bundesgesetz über Waffen, Waffenzubehör und Munition, und es gibt nicht viele Männer, die den Spray mit sich tragen würden. Eine schießende Frau aber irritiert noch immer, zumindest in der Schweiz.

### Gut gerüstete Schweizer Söldner

Die Eidgenossenschaft war in der frühen Neuzeit das einzige Land Europas, in dem Bauern und einfache Bürger Waffen tragen durften, ja mussten: Der Militärdienst galt als erste Bürgerpflicht. Die eidgenössische Waffenaffinität schlug sich, wie das Historische Lexikon der Schweiz dokumentiert, in seinerzeit berühmten Geräten wie dem Prättigauerknüttel, dem Luzernertrüssel – beide eine Art Morgenstern – und dem Schweizerdegen nieder. Die europäischen Monarchien vertrauten im Kriegsfall nicht ihren Untertanen, sondern griffen auf Söldner zurück – mit Vorzug auf junge Eidgenossen, mit denen gewiefte Schweizer Unternehmer viel Geld verdienten. Diese Söldner waren besser ausgerüstet als die Schweizer Milizen, die sich am Ende des Ancien Régime in einem erbärmlichen Zustand präsentierten.

Waffen wurden bis zum Aufkommen der Friedensbewegung stolz zur Schau getragen.

Die erste Nation, die ein schlagkräftiges Volksheer aufstellte und sich also vor der Bewaffnung der Bürger nicht mehr fürchtete, war das revolutionär-republikanische Frankreich. Um 1792 mobilisierte die junge Demokratie rund eine Million Soldaten, die für die Verteidigung und dann die Expansion der Republik in den Kampf zogen: «Aux armes, Citoyens!», singt die Marseillaise.

Der Staat hat also die Waffe demokratisiert und zugleich die Kontrolle über sie erhöht – und damit eine friedliche Gesellschaft ermöglicht. Er bestimmt, wer eine Waffe besitzen und zu welchem Zweck er

oder sie diese benutzen darf. Der Staat hat auch das Duell verboten. Dieses Überbleibsel der mittelalterlichen Fehde wurde in Deutschland noch zu Beginn des 20. Jahrhunderts praktiziert. Im Duell suchte der Beleidigte seine Ehre mit Waffengewalt und ohne Unterstützung durch eine staatlich-richterliche Instanz wiederherzustellen. Damit griff er das Gewaltmonopol an. Heute darf der Zivilist nur im Sportclub schiessen.

### Eine befriedete Gesellschaft

Gemessen an der Anzahl Gewaltverbrechen leben wir in einer friedlichen Gesellschaft. Noch nie war die Mordrate im Westen so tief wie heute. Der Soziologe Norbert Elias hat diese Pazifizierung in seinem Klassiker «Über den Prozess der Zivilisation» (1939) mit der zunehmenden Affektkontrolle der Menschen in Zusammenhang gebracht, die sich auch in der Verfeinerung der Tischmanieren und dem Ersatz des – unter Umständen – bedrohlichen Messers durch die Gabel niederschlug. Wer sich beleidigt fühlt, fährt nicht gleich die Faust aus. Tut er es dennoch, macht er sich strafbar.

Trotzdem werden immer wieder Verbrechen und Morde mit allen möglichen Arten von Waffen begangen. Man kann mit einem Brotmesser töten, aber ein Maschinengewehr ist effizienter – und noch effizienter ist eine Bombe. Nach den Terroranschlägen von Paris 2015 und Brüssel 2016 plant die Europäische Union die Verschärfung des Waffenrechts. Ähnliche Verschärfungen werden in der Schweiz immer dann gefordert, wenn ein Mann mit dem Armeegewehr «erweiterten Suizid» begeht. Der Streit zwischen Regulierern und Schützen dreht sich darum, ob die staatliche Waffenkontrolle intensiviert werden soll. Der Ausgang dieser alten Geschichte ist nicht absehbar.

Urs Hafner ist Wissenschaftsjournalist in Bern.

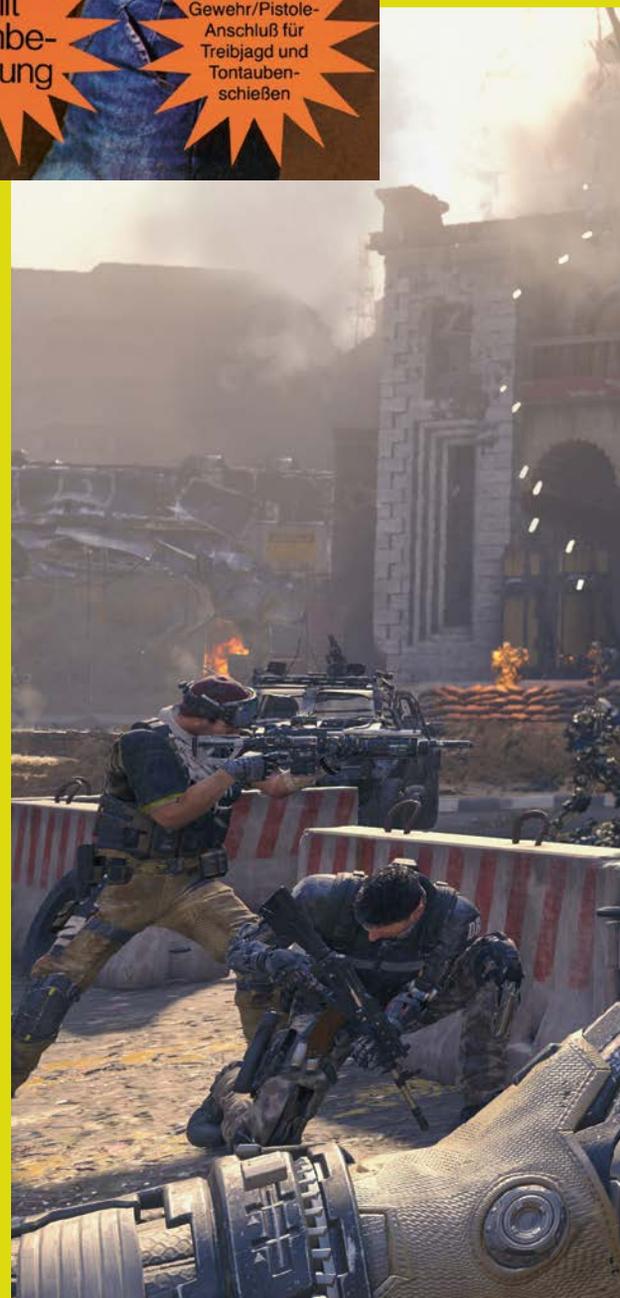


■ Frühe Telespiel-Konsole  
Universum Color-Multi-Spiel  
4006, Deutschland, um 1976.  
Neben Schiessspielen gab es  
eine Auswahl an Telespielen  
wie Squash und Pelota.

Bild: Keystone/Interfoto/TV-Yesterday

■ Call of Duty: Black Ops III,  
2015, entwickelt von Treyarch.  
Zwölfter Teil der Ego-Shooter-  
Serie, die seit 2003 erscheint  
und vom amerikanischen  
Herausgeber Activision ver-  
trieben wird. Das Game spielt  
im Jahr 2065. Die Robotik ist  
weit entwickelt. Die Grenze  
zwischen Mensch und  
Maschine verwischt. Es besteht  
die Angst, die Roboter könnten  
die Herrschaft übernehmen.  
Kooperation ist mit bis zu drei  
Mitspielern möglich.

Bild: Activision Publishing Inc.





## INTERVIEW

## «Die Bestäuber sind auf dem Rückzug»

Markus Forte/Ex-Press/BAFU



Der erste Bericht der Zwischenstaatlichen Plattform für Biodiversität und Ökosystem-Dienstleistungen (IPBES) ist im Februar 2016 erschienen. Das Thema: die Bestäubung. Markus Fischer von der Universität Bern, Mitglied der IPBES, gibt dazu Erklärungen.

**Weshalb beschränkt sich dieser Bericht auf eine so enge Fragestellung? Ist es nicht das Ziel der IPBES, einen Überblick zu geben?**

Die Plattform will auf Fragen antworten, welche die Regierungen interessieren. Die angesprochenen Themen können sehr

spezifisch sein – wie die Rolle der Bestäubung in der Lebensmittelproduktion – oder umfassender bis hin zur Biodiversität oder zu ökologischen Leistungen auf der Ebene von Kontinenten. Zu diesem Thema wird 2019 ein Bericht veröffentlicht.

**Welche Botschaften vermittelt der erste Bericht?**

Es sind drei Botschaften. Erstens: Bestäuber – wilde oder domestizierte wie die Bienen – haben überall auf der Welt einen sehr hohen Wert für die Lebensmittelproduktion. Zweitens: Die Zahl wilder Bestäuber nimmt ab und Bienen sind unter Druck. Drittens: Es bestehen für die verschiedenen Akteure zahlreiche Interventionsmöglichkeiten.

**Gibt es konkrete Empfehlungen?**

Nein, die IPBES möchte kein Regelwerk schaffen, sondern Optionen aufzeigen, wie schädliche Wirkungen von Pestiziden reduziert oder Möglichkeiten des biologischen Anbaus genutzt werden können.

**Die IPBES wird – manchmal kritisch – mit dem IPCC verglichen. Worin liegen die Unterschiede?**

Ein Unterschied ist, dass unsere Plattform eher Antworten auf konkrete, von Regierungsvertretern formulierte Fragen sucht. Es ist wichtig, eine Legitimierung von aussen zu erhalten; nicht nur aus der akademischen, sondern auch aus der politischen Welt.

**Zuweilen wird der Vorwurf laut, dass Sie Akteure aus der Landwirtschaft und dem Umweltbereich vernachlässigen.**

Unsere Berichte werden von Fachleuten verfasst, auch von solchen mit wissenschaftlichem Hintergrund und mit lokalen oder traditionellen Kenntnissen.

## NEWS

## Maulkorb für britische Forscher

Die britische Regierung hat am 6. Februar 2016 angekündigt, eine Klausel einzuführen, welche die Verwendung öffentlicher Beiträge «für Aktivitäten zur Beeinflussung von Mitgliedern des Parlaments, der Regierung oder politischer Parteien» untersagt. Forschende, die vollständig staatlich unterstützt werden, dürfen demnach nicht mehr an Medienkampagnen oder öffentlichen Kampagnen teilnehmen. In Kanada wurde das Verbot für Forschende nationaler Einrichtungen, sich in Medien zu äussern, im Herbst 2015 aufgehoben.

## Piratin der Wissenschaft

Die Website Sci-hub, die von der Forscherin Alexandra Elbakyan aus Kasachstan ins Leben gerufen wurde, stellt seit 2011 mehr als 48 Millionen wissenschaftliche Artikel zum Download via institutionelle Logins zur Verfügung. Die Plattform hat einen Rechtsstreit gegen Elsevier verloren, bleibt aber weiter verfügbar, namentlich über das anonyme Netzwerk Tor. Das Projekt erinnert an das Werk des Programmierers und Hacktivisten Aaron Swartz, der sich 2013 nach einer Klage der US-Regierung das Leben nahm.

## Viele Zitierungen bedeuten nicht hohe Qualität

Der Impact-Faktor der Fachzeitschrift, in der ein Artikel erscheint, hat über einen Zeitraum von zehn Jahren einen grösseren Einfluss auf die Anzahl Zitierungen als die Qualität des Artikels. Dies zeigt eine Studie der Max-Planck-Gesellschaft. Ein weiterer Faktor, der wichtiger ist als die Qualität: die Anzahl Koautoren. doi.org/bdg4

## Blog

## Dem Menschsein auf der Spur

Was ist der Mensch? Wer sind wir? Der philosophische Blog «Alles rund um den Menschen» hat seit Januar 2016 Beiträge

gesammelt, in denen Philosophen sich mit diesen und vielen weiteren Fragen im Zusammenhang mit dem Menschsein

auseinandersetzen. Die ganzen Texte zu den Zitaten können Sie nachlesen unter [blogs.philosophie.ch/mensch](http://blogs.philosophie.ch/mensch).

«Manche Anhänger der Neurowissenschaften meinen, dass ihr Gehirn ihr Ich sei.»

Dieter Teichert, Universität Luzern

«Darf man für seine Selbstverwirklichung zum Egoisten werden? – Nein.»

Satoshi Ishigami, Universität Basel

«Hört nicht auf Blasphemiker und Ketzer, die sind des Teufels!»

Philipp Bucher, Universität Luzern

«Menschen sind Primaten wie die Schimpansen, Säuger wie die Kühe, Wirbeltiere wie die Fische und Mehrzeller wie die Eichen.»

Michael Hampe, ETH Zürich

«Welche unsterblichen Roboter sollten denn Interesse an den von uns prall gefüllten (...) Bibliotheken (...) haben?»

Reinhard Schulz, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

«Der Mensch ist das Tier, das selbst die Frage danach beantworten kann, was er ist.»

Christian Steiner, Universität Basel

## Daten sollen Therapien verbessern

Der Bund hat eine grosse Initiative lanciert: Hochschulen und Spitäler sollen gemeinsam das Potenzial der Gesundheitsdaten erforschen. Ein Überblick über die personalisierte Medizin. *Von Florian Fisch*



**K**ünftig werden sich Ärztinnen und Ärzte nicht mehr nur um das kranke Organ kümmern, sondern sich anhand einer Fülle von Daten ein umfassendes Bild vom Zustand der Patientinnen und Patienten machen.» So wird der Traum der personalisierten Medizin vom schweizerischen Zentrum für Technologiefolgenabschätzung beschrieben. Die Medikamente werden dann nicht mehr nur nach Diagnose verschrieben, sondern auch Genvarianten und selbsterfasste Daten zum Lebenswandel werden in die Entscheidung einbezogen.

Nachdem die skandinavischen Länder, die EU und die USA ihre Forschungsinitiativen zur personalisierten Medizin gestartet haben, möchte nun auch die Schweiz mitmachen. Der Bundesrat hat in der im Februar 2016 verabschiedeten BFI-Botschaft insgesamt 70 Millionen Franken, verteilt über vier Jahre, für das «Swiss Personalized Health Network» vorgesehen. Die Schweizerische Akademie der Medizinischen Wissenschaften (SAMW) soll dabei die vielen bereits existierenden lokalen Initiativen an Hochschulen und Spitätern koordinieren und den Austausch der vorhandenen Daten ermöglichen. «Erst dieses grosse Netzwerk ermöglicht es, das Potenzial von Big Data für die Gesundheit nutz-

bar zu machen», sagt Hermann Amstad, Generalsekretär der SAMW.

Dank der Informationsfülle sollen Ärztinnen und Ärzte die wirksamste Behandlung mit den wenigsten Nebenwirkungen finden. Das Medikament Ivacaftor wirkt zum Beispiel nur bei Personen mit einer speziellen Variante der vererbaren Lungenkrankheit zystische Fibrose. Oder die Dauer der teuren Behandlung von Hepatitis C kann je nach Genvarianten verkürzt werden.

### Ungesunde Erwartungen

Um einem Missverständnis vorzubeugen: Persönlich war die Medizin schon immer. Es geht lediglich darum, die Therapie gewissen Merkmalen anzupassen. Oft wird deshalb von Präzisionsmedizin gesprochen. Doch der Weg zur personalisierten Medizin ist steinig: Partikularinteressen, Datensicherheit und die Umsetzung in der Praxis gehören zu den grossen Hürden. Skeptiker wie der kanadische Professor für Gesundheitspolitik Timothy Caulfield warnen vor falschen Hoffnungen: «Es gibt bisher wenig Grund zu glauben, es bahne sich eine kostenkende, lebensverlängernde und die öffentliche Gesundheit verbessernde Revolution an, wie es ihre lautstarken Verfechter suggerieren.»

## Schätze für die medizinische Forschung

Die personalisierte Medizin begann mit der Auswertung von Genomdaten. Heute sollen sämtliche Daten vernetzt werden: von Gewebeproben bis zu von Patienten selbst erhobenen Messwerten.



### e-PATIENTENDOSSIER

#### Das verborgene Wissen anzapfen

Estland tat es 2008 als erstes Land der Welt. In der Schweiz erlaubte Genf als erster Kanton im Mai 2013 seinen Bürgerinnen und Bürgern den elektronischen Zugang zu ihrem Patientendossier. Gemäss der «Strategie eHealth Schweiz» soll dies in Zukunft allen in der Schweiz möglich sein.

Vom elektronischen Patientendossier kann auch die Forschung profitieren. Wer einverstanden ist, erlaubt den Forschenden Zugang zu Krankengeschichte und Daten in den Biobanken. Damit kann beispielsweise rückblickend studiert werden, welche Behandlung bei welcher Gruppe von Schlaganfallpatienten am wirksamsten war. So träumt der britische Psychiater und Autor Ben

Goldacre von grossen klinischen Studien, bei denen die behandelnden Ärztinnen und Ärzte routinemässig neue Therapievarianten testen.

Bis dahin gibt es noch viele technische, rechtliche und ethische Hürden zu überwinden. Aus der Sicht von Torsten Schwede vom Schweizerischen Institut für Bioinformatik – er leitet das schweizerische Datenkoordinationszentrum – müssen dafür noch die Daten harmonisiert werden: «Wenn in einem Basler Dossier von «Fieber» die Rede ist, entspricht das womöglich nicht exakt dem Begriff «hyperthermie» am Universitätsspital Lausanne. Es ist schon schwierig, eine gemeinsame Sprache für die Innere und die Augenmedizin innerhalb desselben Hauses zu finden.»



### KOHORTENSTUDIEN

#### Krankheitsverläufe vergleichen

HIV-Positive erhalten meistens eine Kombination von drei verschiedenen antiretroviralen Medikamenten – gelegentlich mit einschneidenden Nebenwirkungen: Zum Beispiel führt das Medikament Abacavir bei wenigen Patienten zu einem lebensbedrohlichen Abfall des Blutdrucks und zu hohem Fieber. Wird vor dem Verabreichen des Wirkstoffs auf eine Genvariante mit dem Namen HLA-B\*5701 getestet, können diese Notfälle vermieden werden.

Die Genvariante ist ein so genannter Biomarker, mit dem die HIV-Therapie personalisiert werden kann. Weitere Marker können auch Messwerte oder Aspekte des Lebenswandels sein. Um solche Biomarker zu finden, sind Kohortenstudien notwendig: Studien, die eine grosse Zahl

von Patienten in unterschiedlichen Gruppen systematisch über lange Zeiträume verfolgen.

Die Schweizerische HIV-Kohortenstudie, die seit 28 Jahren läuft, nimmt den 10 000 beteiligten Patienten alle sechs Monate eine Blutprobe und bewahrt sie in der eigenen Biobank auf. Für Huldrych Günthard vom Universitätsspital Zürich, Präsident dieser Studie, sind solche Kohorten eine essenzielle Datengrundlage für die personalisierte Medizin: «Spezifische Diagnosen in Spitälern sind zum Teil durch wirtschaftliche Faktoren verzerrt, zum Beispiel durch die Kodierung zur Abrechnung nach Fallpauschalen. In der Kohorte haben wir genau festgehaltene Krankheitsverläufe und eine grosse Menge an Labordaten.»





## QUANTIFIED SELF

### Patienten vermessen sich selbst

Die Smartwatch zeichnet den persönlichen Schlafrhythmus auf, ein im Unterhemd integrierter Sensor misst laufend den Blutzuckerspiegel. Abends werden sämtliche Daten auf eine soziale Plattform hochgeladen, auf der sich Diabetiker über ihre Erfahrungen austauschen. Per Fingertipp aufs Tablet werden die Daten ins elektronische Patientendossier kopiert. Bei der Ärztin oder beim Arzt werden die selbsterfassten Daten und die vom Algorithmus automatisch vorgeschlagenen Behandlungsoptionen beraten.

Das ist die Vision von Ernst Hafen, Molekularbiologe an der ETH Zürich und Promotor der personalisierten Medizin in der Schweiz: «Sie baut auf

einer Google-Map der Gesundheit. Statt geografischer Angaben auf Längen- und Breitengraden sollten die medizinischen Daten auf das Individuum integriert werden.»

Hafens Vision mutet in einigen Aspekten utopisch an. Doch es gibt durchaus erste funktionierende Ansätze. An Apps zum «Self Tracking» mangelt es nicht. Auf der Webplattform Patientslikeme haben an der Muskelkrankheit amyotrophe Lateralsklerose Leidende schon ihre eigene Studie zum Nichtnutzen von Lithium publiziert. Die Universität Basel führt zurzeit eine Studie mit Schrittzählern durch, um den Einfluss von Bewegung auf die Krebstherapie zu untersuchen.



## BIOBANKEN

### Die Proben aus den Gefrierschränken holen

Forschungsgruppen und Universitäts-spitäler sammeln und lagern längst DNA-, Blut- und Gewebeproben. Verknüpft mit den Krankengeschichten bilden diese das Rückgrat der personalisierten Medizin. Nur sind die meisten Biobanken auf die Bedürfnisse der eigenen Institution zugeschnitten; es wird dabei nicht an den Zugang von andern Forschenden gedacht.

Christine Currat schätzt, dass in der Schweiz zurzeit über 300 grössere und kleinere Biobanken existieren. Currat ist die Geschäftsführerin der im April 2016 gegründeten und vom Schweizerischen Nationalfonds geförderten Swiss Biobanking Plattform (SBP). Diese soll den Forschenden Zugang zu den wertvollen, in der Schweiz gesammelten Informationen verschaffen. «Ich möchte zuerst eine Liste der vorhandenen Biobanken anfertigen», sagt Currat. Das Hauptziel ist, die Prozeduren zu harmonisieren, damit die Proben und damit verbundene Informationen besser ausgetauscht werden können.

«Es braucht einheitliche Einverständniserklärungen der Patienten und vor allem Dokumentationen, wie genau die Proben entnommen und eingelagert wurden», sagt Currat. Langfristig soll die SBP den Forschenden als Einstiegsplattform zu den verschiedenen Biobanken dienen – nicht nur für die Medizin, sondern für die biologische Forschung überhaupt.

## Die Sorgen mit der neuen Medizin

Zwei besonders grosse Hindernisse auf dem Weg zur personalisierten Medizin sind der Umgang mit vertraulichen Daten und die Umsetzung der Erkenntnisse in die Praxis.



### DATENSCHUTZ

#### Die Vernetzung der Informationen ist heikel

Genomdaten geben nicht nur über persönliche Eigenschaften und Risiken Auskunft, sie erlauben auch Rückschlüsse auf die Situation von Verwandten. Die Daten geniessen daher einen hohen rechtlichen Schutz, der auf sämtliche persönliche Daten ausgeweitet werden sollte, wie das schweizerische Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung empfiehlt. Wie wichtig das Vertrauen der Bevölkerung ist, zeigt das englische Programm zur Vernetzung sämtlicher klinischer Daten innerhalb des nationalen Gesundheitsversorgers. Nach öffentlicher Kritik wegen der Weiterverwendung von Daten wurde es 2014 während eines Jahres ausgesetzt.

Für Ernst Hafen, Molekularbiologe an der ETH Zürich, ist klar: «Nur das Individuum hat das Recht, seine Daten anderen zur Verfügung zu stellen.» Sein Verein «Daten und Gesundheit» pocht auf die digitale Souveränität.

Das löst allerdings das Problem der Anonymisierung nicht. Selbst wenn ein einzelner Cholesterinwert nicht auf eine Einzelperson zurückführbar ist, kann die Verbindung mit vielen anderen Daten plötzlich doch eine Identifikation erlauben. «Es dürfen jeweils ausschliesslich die Daten freigegeben werden, die für das Forschungsvorhaben notwendig sind und deren Nutzung mit Zustim-

mung des Patienten vereinbar ist», sagt Torsten Schwede vom Schweizerischen Institut für Bioinformatik. Dabei sollten die Forschenden innerhalb einer sicheren Forschungsplattform arbeiten, in der heikle Daten verschlüsselt werden, wie dies bereits in Genomforschungsprojekten geschehen sei.

Brigitte Tag, Rechtsprofessorin an der Universität Zürich, wünscht sich vor allem einen sicheren rechtlichen Rahmen auf nationaler Ebene: «Sammeln, Speichern und Bearbeiten von Daten in der Humanforschung sollte einheitlich geregelt werden – davon profitieren auch die Forschenden.»



### EVIDENZBASIERTE MEDIZIN

#### Der medizinische Datenschungel ist undurchdringbar

«Mit dem Fortschritt der evidenzbasierten Medizin ging ein Teil der medizinischen Kunst verloren», schrieb der Mediziner und Ethiker Joseph Fins am Weill Cornell Medical College kürzlich in der Fachzeitschrift *The Hastings Center Report*. Diese Zurückhaltung fand 2015 auch eine Umfrage von Cochrane Schweiz, bei der jeder vierte Praxisarzt die evidenzbasierte Medizin als wenig nützlich einstufte. Das erstaunt kaum, wie Gerd Antes, Direktor von Cochrane Deutschland, 2015 gegenüber *3sat* sagte: «Die Forschenden denken an ihre Karriere, die Firmen an ihren

Profit, der Arzt steht irgendwo dazwischen und wird von beiden Seiten fehlinformiert.»

Die Faktenlage in der medizinischen Forschung ist sehr unübersichtlich. Fast identische klinische Studien werden zimal wiederholt, rund die Hälfte der Arbeiten wird nie publiziert, und der Informationsfluss von der Forschung in die Praxis ist schlecht organisiert. Die Folge davon ist entweder eine medizinische Über- oder eine Unterversorgung. Dieser Datenschungel wird mit der personalisierten Medizin für Ärztinnen und Ärzte eher noch dichter.

Bernard Burnand, Leiter von Cochrane Schweiz, empfiehlt: «Wir benötigen ein markant besseres Informationssystem.» Auch das schweizerische Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung empfiehlt in seinem Bericht von 2014, in der Ausbildung der Ärztinnen und Ärzte der Interpretation von Daten mehr Gewicht beizumessen. Burnand sieht auch eine Gefahr für die Forschung: «Die Regulierungen für klinische Versuche werden noch strenger werden. Was bereits heute fehlt, sind Überprüfungen der Therapien in der Praxis.»

Florian Fisch ist Wissenschaftsredaktor des SNF.

—  
Kräfte bündeln: «Swiss Personalized Health Network». SAMWbulletin (1/2016)  
Vorausschauende Heilkunde. Kurzfassung der TA-SWISS-Studie (2014)

# «Man sollte nie unbedacht Versprechen machen»

Patrick Aebischer wird Ende 2016 als Präsident der EPFL zurücktreten. In seiner 16-jährigen Amtszeit hat er die Lausanner Hochschule grundlegend neu ausgerichtet und als eine der weltbesten Einrichtungen etabliert. Eine Bilanz. Von *Daniel Saraga*



## «Wer an der Schnittstelle zwischen Disziplinen arbeiten will, muss institutionelle Grenzen durchbrechen.»

Im Jahr 2000 übernahm an der Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) ein Outsider das Ruder: der 44-jährige Patrick Aebischer, Professor am Universitätsspital Lausanne. Sein Ziel war es, die Life Sciences an die Technische Hochschule zu bringen, die Einrichtung zu amerikanisieren und sie wettbewerbsfähiger zu machen.

Doch sein Einstieg sorgt für Turbulenzen. Seine Projekte stossen bei Professoren, Studierenden und Unternehmen auf Widerstand, und während sein Rücktritt gefordert wird, stellt er Bedingungen: Patrick Aebischer will seine Vizepräsidenten selber bestimmen. Er weigert sich, sein Büro zu betreten, bis der ETH-Rat nach zweiwöchigem Tauziehen nachgibt.

Sechzehn Jahre später sind die Ziele erreicht oder übertroffen: Die EPFL gehört zu den führenden Forschungszentren Europas und hat sich mit spektakulären Projekten einen Namen gemacht, vom Human Brain Project über Solar Impulse bis zum Rolex Learning Center. Doch der Stil von Aebischer - visionär und willensstark - ruft auch Kritik hervor. Horizonte hat den Präsidenten der EPFL im Frühling 2016 zu einem Gespräch getroffen, in dem er seine Vision der akademischen Welt und sein Verständnis von Leadership verteidigt.

### **Sie haben Ihr Mandat mit einer Kraftprobe begonnen. War das ein Bluff?**

Mir wurde es verweigert, mein Führungsteam selber zu bestimmen. Für mich ging es um alles oder nichts: Falls es nicht funktioniert hätte, wäre ich zurück in die USA. Ich hatte meine Absichten im Voraus klar formuliert. Der ETH-Rat dachte wohl, dass ich nach meiner Ernennung anders denke... Doch damit ich meine Projekte umsetzen konnte, musste ich mein Team selber zusammenstellen. Diese Konfrontation war nicht einfach auszuhalten: Von allen Seiten kamen Schläge - das ist wie

in einer Wäschetrommel! Das Vorgehen fiel mir auch nicht leicht, weil ich als Forscher zufrieden war. Vermutlich spielte auch mein noch eher unbeschwertes Alter eine Rolle.

### **Sie kamen von einer anderen Einrichtung und aus einer anderen Disziplin, der Medizin. Fehlt es in der Schweiz an solchen Quereinsteigern?**

Ja, das gibt es zu selten. Eine solche Konstellation kann für mehr Freiheit sorgen. Manchmal kommt in der Geschichte einer Institution der Zeitpunkt für tiefgreifende Reformen, und da hilft neues Blut. Gleichzeitig gelten für den Posten als EPFL-Präsident politische Kriterien, man muss das Land kennen.

### **«Das amerikanische Modell hat mich stark geprägt.»**

### **Die Wahl Ihres Nachfolgers steht für Kontinuität: Martin Vetterli ist 58-jährig und unterrichtet seit 21 Jahren an der EPFL. Ist das ein Problem?**

Nein, es muss nicht jedes Mal alles geändert werden. Die EPFL tritt jetzt in eine Konsolidierungsphase ein, auch wenn ich dieses Wort nicht mag. Ich habe grossen Respekt vor Martin. Das nächste Mal soll die nachfolgende Generation die Zügel übernehmen.

### **Welches waren Ihre drei wichtigsten Siege an der EPFL?**

Das Tenure-Track-System für junge Assistenzprofessoren, der Aufbau der Doktoratsschule und die Weiterentwicklung der Fakultäten.

Tenure-Track bedeutet akademische Unabhängigkeit für die jungen Forschenden. Es gibt ihnen die Möglichkeit für eigene Forschungsprojekte. Das hat die EPFL grundlegend verändert.

Dann die Doktoratsschule. Es werden Kandidierende eingeladen, unter denen wir die besten auswählen. Auch die Professoren stehen in einem Wettbewerb, da die Doktorierenden wählen, in welcher Gruppe sie arbeiten möchten.

Als ich anfang, gab es zwölf Departemente, deren Leitungen alle zwei Jahre wechselten. Wir haben diese zu fünf Fakultäten zusammengelegt und den Posten der Dekane geschaffen, die mehrmals für jeweils vier Jahre gewählt werden können. Diese übernehmen viel Verantwortung, unter anderem, die besten Dozierenden und Forschenden anzustellen.

### **Trotz der Widerstände ist es Ihnen gelungen, vieles zu ändern. Ihre Technik?**

Ich bin in den ersten zwei Jahren praktisch nicht gereist, um «Management by walking around» zu machen: die Professoren intern treffen und sie persönlich überzeugen. Ich habe mich stark auf Forschende gestützt, die das amerikanische System gut kannten und mein Projekt verstanden.

### **Ihre Revolution an der EPFL im Jahr 2000 gelang, diejenige von Ernst Hafen an der ETH Zürich sechs Jahr später scheiterte. Weshalb?**

Alles, was er wollte, schien mir richtig. Doch unsere Kulturen sind anders. Bei unserer grossen Schwester in Zürich gab es proportional gesehen weniger Forschende, die in den USA Karriere gemacht hatten. Ausserdem hat sie eine wesentlich längere Geschichte, was Reformen schwieriger macht.

### **Sie kommen immer wieder auf das amerikanische Modell zurück.**

Ja, diese Kultur hat mich stark geprägt. Ein meritokratisches System, das Innovation fördert. Zahlreiche Forschende aus der Schweiz oder Europa, die in den USA arbeiten, möchten zurückkommen, häufig aus familiären Gründen, wünschen sich aber ein Umfeld, das den Verhältnissen in den USA ebenbürtig ist. Das versuchten wir an der EPFL zu schaffen. In den USA sind die Leute sehr stolz, den Namen ihrer Universität zu tragen - wir wollen die Marke EPFL weiterentwickeln. Wenn ein Taxifahrer in Lausanne sagt, dass er stolz auf die Hochschule ist, haben wir es geschafft.

### **Im Strategic Advisory Board der Hochschule sind mehrere Personen aus der Industrie vertreten.**

Neben Ausbildung und Forschung haben wir die Aufgabe eines Wissenstransfers. Unsere Studierenden müssen Stellen finden, und wir müssen verstehen, was die Privatwirtschaft bei unseren Abgängern sucht. Mehrere Mitglieder des Boards haben auch grosse Projekte der Hochschule finanziell unterstützt.

Zu unseren grossen Erfolgen gehört der Innovationspark, in dem über hundert Start-ups und Grossunternehmen wie Nestlé, Intel, Peugeot oder Logitech vereint sind. Unsere hervorragende Forschung soll zur wirtschaftlichen Entwicklung der Westschweiz beitragen. Ich stelle erfreut

fest, dass die Zahl unserer Studierenden, die Start-ups gründen, deutlich zunimmt.

### **Ihre Zeit als Präsident war auch die Zeit des privaten Sponsorings.**

Alle waren überzeugt, dass Fundraising in der Schweiz unmöglich ist, aber niemand hatte es je richtig versucht. Ich habe viel Zeit damit verbracht, ein Netz aufzubauen. Dass ich im Künstlermilieu aufgewachsen bin, hat mir dabei geholfen, da ich mich in allen Gesellschaftsschichten wohl fühle.

### **Das Sponsoring von Lehrstühlen hat Kritik hervorgerufen. Weshalb besteht ein Vetorecht bei der Vergabe eines Lehrstuhls?**

Dass ein Unternehmen, das einen Lehrstuhl finanziert, bei der Ernennung ein Mitspracherecht hat, ist normal. Falls das Unternehmen nicht einverstanden ist, kann es eine Finanzierung ablehnen, uns aber nicht daran hindern, die Person anzustellen. Bei einem gesponserten Lehrstuhl besteht dieselbe wissenschaftliche Freiheit wie bei Lehrstühlen, die vom öffentlichen Sektor unterstützt werden.

«Dass ich in einem Künstlermilieu aufgewachsen bin, hat mir geholfen.»

### **Diese Frage sollte bereits bei der Beschreibung des Lehrstuhls geregelt werden.**

Deshalb ist dies noch nie vorgekommen.

### **Sie haben Rolex die Rechte am geistigen Eigentum für gemeinsame Forschung überlassen. Ist das nicht diskutabel?**

Normalerweise werden Lizenzgebühren ausgehandelt. Im Fall von Rolex haben wir darauf verzichtet, als Kompensation für namhafte Beträge, die das Unternehmen für den Bau des Learning Center bereitstellte. Diese Beträge waren höher als die Summen, die wir uns aus Lizenzgebühren hätten erhoffen können. Dank Rolex konnten wir etwas realisieren, das für die Hochschule zentral ist.

### **Die Schweiz bietet eine weltweit einzigartige Unterstützung für Grundlagenforschung. Die Nähe zur Wirtschaft könnte sich negativ darauf auswirken.**

Diese Unterstützung ist zentral. Ohne Grundlagenforschung gibt es später auch keinen Wissenstransfer. Fast ein Drittel unserer Professorinnen und Professoren haben ein ERC-Stipendium errungen, und wir publizieren regelmässig in den besten Fachzeitschriften. Das alles ist Grundlagenforschung! Nicht unsere Forschenden sind in Gefahr, durch die Industrie manipuliert zu werden, sondern umgekehrt. Die Unternehmen kommen auf uns zu, um zu vermeiden, dass sie den nächsten technologischen Durchbruch verpassen.

### **Das Wachstum der EPFL basiert auch auf dem Erfolg anderer Einrichtungen, zum Beispiel der Integration des Instituts für**

### **Mikrotechnik (IMT) in Neuenburg oder des Krebsforschungsinstituts ISREC. Ist es für die übrigen Institutionen nicht entmutigend, wenn sie ihre beste Forschung verlieren?**

Die Übernahme des IMT war eine Notwendigkeit, da die Universität Neuenburg nicht über die Mittel für das erforderliche Wachstum verfügte. Die Universität konnte nachher in strategische Bereiche Geld investieren, das durch diese Übernahme frei geworden war. Das IMT bestand aus vier Lehrstühlen, heute sind es zwölf. Alle haben profitiert. Dasselbe gilt für das ISREC.

### **Die EPFL ist bekannt dafür, dass sie spektakuläre Programme ankündigt, bevor konkrete Ergebnisse vorliegen, wie mit dem Human Brain Project (HBP) und der Venice Time Machine. Befürchten Sie nicht einen Bumerang-Effekt, falls die Projekte nicht zum Erfolg führen?**

Das Human Brain Project wurde auf dem Projekt Blue Brain der EPFL aufgebaut, das bereits so viele Ergebnisse vorweisen konnte, dass es als eines der beiden Projekte ausgewählt wurde, welche die EU im Rahmen der Flaggschiff-Initiative mit einer Milliarde Euro über zehn Jahre finanziert. Zwei Jahre nach der Lancierung hat das HBP nun einen wichtigen Fachartikel in Cell veröffentlicht. Tatsächlich ist es aber in der Wissenschaft schwierig abzuschätzen, welche Ergebnisse über einen Zeitraum von zehn Jahre anfallen. Das Human Genome Project versprach zum Zeitpunkt seiner Lancierung viel. Bis es wirklich Auswirkungen auf die Medizin hatte, dauerte es aber länger als erwartet. Heute bestreitet aber niemand mehr die Berechtigung des Projekts. Ich hoffe, dass dies auch beim HBP so sein wird.

### **Gibt es nicht Grenzen bei dem, was die Forschenden versprechen können?**

Man sollte nie unbedacht Versprechen machen, vor allem nicht in der Medizin.

### **Bedauern Sie Ihren Weggang?**

Ich freue mich, wieder ein freier Mensch zu sein. Ich war sehr glücklich in dieser Funktion, aber es war auch ein ständiger Kampf gegen Stillstand, risikoscheues Denken und festgefahrene Strukturen.

### **Haben Sie konkrete Pläne?**

Mich reizt die Kombination verschiedener Welten: Wissenschaft, Technologie, Unternehmertum, Kunst. Die grossen Projekte werden interdisziplinär und integrativ sein. Wer an der Schnittstelle zwischen Disziplinen arbeiten will, muss institutionelle Grenzen durchbrechen, sich von überflüssigen administrativen Zwängen befreien und die notwendigen Freiräume schaffen.

### **Was werden Sie als Erstes tun, wenn Sie im Dezember 2016 Ihre Bürotür endgültig schliessen?**

Wir organisieren ein grosses Weihnachtsfest für die gesamte Hochschule, an dem ich den Stab an Martin (Vetterli, A.d.R.) weitergeben werde. Danach werde ich nach Kapstadt in Südafrika reisen und mich

einer Polarexpedition anschliessen, die vom Swiss Polar Institute organisiert wird, einem neuen Projekt der EPFL.

Daniel Saraga ist Chefredaktor von Horizonte.

## **Von der Kunst zur Wissenschaft**

Patrick Aebischer wurde in eine Künstlerfamilie geboren, studierte Medizin und Neurowissenschaften in Genf und Freiburg und forschte acht Jahre an der Brown University in den USA. Nach seiner Rückkehr in die Schweiz 1992 war er als Professor am Universitätsspital Lausanne tätig, bevor er 2000 die Leitung der EPFL übernahm, ohne sich ganz von der Forschung abzuwenden: An einem Morgen pro Woche begibt er sich in sein Labor am Brain Mind Institute. Während seines Präsidiums publizierte er 126 Artikel, den letzten über ein Implantat gegen Alzheimer. Er ist Mitbegründer von drei Start-ups.

## **Die Ära Aebischer**

Die EPFL gehört zu den besten Forschungseinrichtungen der Welt. Fast ein Drittel der Professorinnen und Professoren mit Festanstellung oder Tenure-Track haben ein ERC-Stipendium erhalten, das in der akademischen Welt als Leistungsausweis gilt.

Die Lausanner Hochschule sorgt mit immer neuen Prestigeprojekten für Aufsehen, sei es in der Forschung (Human Brain Project, Venice Time Machine), durch Partnerschaften (Alinghi, Campus Biotech) oder mit Bauwerken (Rolex Learning Center, Swiss Tech Center). Auch in der akademischen Lehre profiliert sie sich durch ihre europäische Vorreiterrolle bei den MOOC (Onlinekurse), das Engagement im französischsprachigen Afrika oder durch die Schaffung von Lehrstühlen in neuen und interdisziplinären Bereichen (Digital Humanities, Neuroprothesen usw.).

### **In Zahlen**

	<b>2000</b>	<b>2015</b>
Anzahl Studierende	4899	10124
Doktorierende	702	2077
Postdocs	100	825
Professoren/-innen	180	380
Ranking (Shanghai- und QS-Ranking)	104 <sup>a</sup>	70
Start-ups, gegründet in 5 Jahren	52 <sup>b</sup>	81 <sup>c</sup>
Mittel für Start-ups in fünf Jahren (CHF)	100 Mio. <sup>b</sup>	700 Mio. <sup>c</sup>

<sup>a</sup> 2004

<sup>b</sup> Zeitraum 2000–2004

<sup>c</sup> Zeitraum 2011–2015

# Ihr Herz schlägt für die Antike

Singles und Patchworkfamilien im alten Rom: Sabine Huebner, Assistenzprofessorin für alte Geschichte in Basel, untersucht den Alltag der einfachen Leute.

Von Pascale Hofmeier

Es geschah an einem Frühlingstag auf der Via Appia. Sabine Huebner war zwölf Jahre alt, als sie mit ihren Eltern in Rom über die Pflastersteine der antiken Fernstrasse spazierte. «Die Geschichte des Ortes hat mich so beeindruckt, seit diesem Moment wollte ich die alten Römer studieren.» Aus der kindlichen Begeisterung wurde ein Studium in Altgriechisch, Latein und Geschichte - und eine lückenlose akademische Karriere. Dem Studium in Münster und Rom folgten das Doktorat und ein fünfjähriger Forschungsaufenthalt in den USA, unter anderem an der University of California, Berkeley, und am Institute for Advanced Study in Princeton. Nach der Habilitation an der FU Berlin in Alter Geschichte war sie Heisenberg-Stipendiatin der Deutschen Forschungsgemeinschaft in Paris und Rom. «Ich hatte nie Zweifel, dass ich in der Wissenschaft bleiben wollte», sagt Huebner. Die Universität Basel sei ihre «Traumdestination».

## Familie und die eigene Biografie

Die 39-jährige Deutsche sitzt entspannt im aufgeräumten Büro: ein Computer, ein Tisch und zwei volle Bücherregale, eines davon eine historische Präsenzbibliothek mit den grossen Werken der Antike. Doch nicht Cicero, Homer oder das Leben der Kaiser stehen im Zentrum von Sabine Huebners wissenschaftlicher Arbeit, sondern das Leben der einfachen Leute.

Auch ihre umfangreiche Publikationsliste und ihre Editionsarbeit machen klar: ihr Herz schlägt für den Alltag in der Antike. Viele ihrer Arbeiten handeln von der Sozial-, Wirtschafts- und Religionsgeschichte der «kleinen Leute» und dem Familienleben. «Ein beträchtlicher Teil der Kinder in der Antike wuchs ohne Vater auf.» Die Männer heirateten später als die Frauen und starben häufig, als die Kinder noch nicht erwachsen waren. «In Zeiten hoher Sterblichkeits- und Scheidungsraten

waren auch Patchwork- und Einelternfamilien ganz normal», sagt Huebner und schlägt den Bogen zur Gegenwart: «Wenn wir von Familie sprechen, meinen wir oft ein Ideal der 1950er Jahre, das zu keiner anderen Zeit existiert hat.»

Von sich aus thematisiert die Wissenschaftlerin und Mutter von bald drei Kindern ihre eigene Familiensituation. Immer wieder werde sie gefragt, wie sie es schaffe, wissenschaftliche Karriere und Familie zu vereinbaren. Dieser Rechtfertigungsdruck geht ihr zuweilen auf die Nerven. «Ich sag dann immer nur (Würden Sie einen Professor und Vater das gleiche fragen?)» Als Huebner für ihre wissenschaftliche Laufbahn von Land zu Land zog, war die Familie immer dabei. «Ich habe die geforderte Mobilität für Nachwuchswissenschaftler immer als grosse Chance gesehen, nie als Belastung.» Sie findet auch die Zeit für tägliche Joggingrunden, und es stresst sie nicht, auch am Wochenende E-Mails zu beantworten: «Ich glaube, ich bin einfach sehr effizient.»

Das bestätigt ihr Doktorvater Walter Ameling, der Althistoriker ist mittlerweile in Köln: «Das ist durchaus die richtige Beschreibung.» Sie hatte für ihr Doktorat in Jena ein Stipendium für drei Jahre. «Anders als viele andere Stipendiaten ist sie im Zeitplan geblieben.» Und sie fiel während des Doktorats mit einer zweiten Eigenschaft auf: Selbstständigkeit. «Sie wollte von Anfang an in der Wissenschaft bleiben, hat ihre Themen selbstständig gewählt und für ihre Finanzierung gesorgt.»

## «Sie ist kein Ellbogentyp»

Es könnte passieren, die zielstrebige Art mit eher als rücksichtslos konnotierter deutscher Effizienz zu verwechseln. Doch das passt weder zu Sabine Huebners Auftreten noch dazu, wie andere sie erleben. «Sie ist kein Ellbogentyp. Sie hat immer eine offene Türe, und die Arbeit ist wirk-

Valérie Chérelat





«Ich glaube, ich bin einfach sehr effizient.»

lich ein Miteinander», sagt ein Mitarbeiter eines aktuellen Projekts, das die Basler Papyrussammlung der Öffentlichkeit zugänglich macht. Für die antike Sozialgeschichte sind die Papyri wichtige Quellen. «Sie liefern uns Einblicke in das Leben und den Alltag der einfachen Leute und sind aufgrund ihres unmittelbaren und persönlichen Charakters eine besonders faszinierende Textgattung», erklärt Huebner. Einfache Bauern, Handwerker, Hirten, ihre Frauen und Kinder und andere sozial schwache Gruppen, die in der antiken Literatur nie zu Wort kommen, sprächen in den Papyri miteinander und zu uns.

Die Basler Sammlung war 100 Jahre lang in Vergessenheit geraten. Die Universität hatte die Papyri gegen Ende des 19. Jahrhunderts erworben, als sich internationale Forschungsinstitute ein Wettrennen um die begehrtesten Stücke lieferten.

#### **Unterhaltung über Fischsauce**

Bisher existiert erst eine veraltete, unvollständige Edition der rund 65 Texte. Der Grossteil sind Alltagsdokumente wie Verträge, Briefe und Quittungen, verfasst in den Sprachen Griechisch, Lateinisch, Koptisch und Hieratisch. Aber auch eine Abschrift von Homers Ilias ist darunter. Und ein Privatbrief aus dem frühen dritten Jahrhundert, in dem sich ein Mann Arrian und sein Bruder Paul über den Alltag austauschen, unter anderem über Fischsauce. Der Brief sei insofern eine Sensation, da sich hier zwei Christen unterhalten. «Erst kürzlich haben wir gezeigt, dass es sich um den ältesten christlichen Privatbrief auf Papyrus handelt, der in die erste Hälfte des dritten Jahrhunderts datiert.» Das ist mehr als 50 Jahre früher als alle vergleichbaren Schriftstücke. Huebner verspricht sich dadurch neue Erkenntnisse über die Christianisierung Ägyptens und damit neues Wissen über gesellschaftliche Transformationsprozesse.

Das Editionsprojekt der Basler Papyrussammlung soll auch als Ausstellung für die Basler Öffentlichkeit im Frühjahr 2017 gezeigt werden. Denn Huebner ist überzeugt: «Der Dialog zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit ist wichtig - neue Erkenntnisse zur Antike vermögen auch heute noch breite Schichten zu faszinieren.» Sie bedauert, dass die Alte Geschichte langsam aus den Schulstuben verschwindet: «Geschichte beginnt nicht erst im Mittelalter», sagt Huebner und schiebt dezidiert Beispiele nach, warum die Alte Geschichte für die Gegenwart wichtig ist: «Griechische Philosophie, das athenische Demokratieverständnis, römisches Recht oder das antike Schönheitsideal prägen unsere europäische Kultur bis heute ganz erheblich.»

Pascale Hofmeier ist Wissenschaftsredaktorin des SNF.

#### **Die Zielstrebigke**

Sabine Huebner (39) ist als älteste von drei Töchtern eines Lehrerehepaars in der Nähe von Münster (D) aufgewachsen. Sie lebt mit ihrem Mann, dem französischen Schriftsteller Stéphane Piatzszek, und ihren beiden Kindern im Alter von 5 und 2 Jahren – das dritte wird bald geboren – in einem Haus im Elsass (F). Sie studierte in Münster, Berlin und Rom Altgriechisch, Latein und Geschichte. 2005 schloss sie ihr Doktorat in Alter Geschichte mit einer Dissertation zur kirchlichen Organisation in der Spätantike in Jena ab, 2010 folgte die Habilitation an der FU Berlin zum Thema «The Family in Roman Egypt». Seit 2014 ist sie Assistenzprofessorin und leitet den Fachbereich Alte Geschichte in Basel.



Im Safiental prägen Hunderte kleine Ställe die Landschaft. Sie sind durch die moderne Landwirtschaft überflüssig geworden und werden dennoch erhalten – bis sie

## Der Abschied vom Wachstum fällt schwer

Ein geordneter Rückzug könnte die Probleme entlegener Bergregionen lösen. Der politische und gesellschaftliche Widerstand – allein gegen das Wort Schrumpfung – ist jedoch gross. *Von Atlant Bieri*



eine neue Bestimmung finden. Bild: Keystone/Arno Balzarini

**D**ie Zeiten für die Schweizer Bergregionen sind hart: Die Wirtschaft stagniert, die Bevölkerung wandert ab. Auf der Suche nach zukunftstauglichen Strategien hat eine Variante mehrmals Schiffbruch erlitten: die Schrumpfung, also der Rückbau von Dörfern und Regionen. Anfang 2016 tagten in Bern Wissenschaftler der Interakademischen Alpenkommission, die Prozesse entwickeln, mit denen der Verkleinerungsprozess geordnet und fair für die Betroffenen stattfinden kann. Sie wollen den Lösungsansatz wieder auf die Agenda bringen – ein schwieriges Unterfangen.

Denn schrumpfen statt wachsen ist in der Bevölkerung und in der Politik tabu. Das liegt wohl daran, dass die Alpen früher eine Geldmaschine waren, vermutet Historiker Jon Mathieu vom Historischen Seminar der Universität Luzern. Er befasst sich intensiv mit der Geschichte des Alpenraums. «Die Alpen liegen seit Jahrhunderten im Zentrum zwischen sehr entwickelten europäischen Regionen wie Venedig, Mailand, München oder Lyon.» Das hat den Tourismus bis in die Gegenwart enorm gefördert. «Heute haben die Alpen ihr Monopol verloren», sagt Mathieu. Reisen ist billig geworden. «Damit stehen die Alpen im Wettbewerb mit vielen Landschaften in der Welt.» Bedroht ist die Einnahmequelle Tourismus zudem durch die Klimaerwärmung, zumindest im Winter.

«Die Schrumpfung steht politisch nicht zur Diskussion.»

Stefan Forster

Auch die Landwirtschaft ist unter Druck: In der Schweiz geben drei Betriebe pro Tag auf, einer davon befindet sich in den Alpen. Und ein weiterer Wirtschaftszweig, auf den sich Dörfer wie beispielsweise Andermatt bis in die 1980er Jahre verlassen konnten, bricht weg: Die Armee spart sich den Waffenplatz, der früher der halben Einwohnerschaft ein Auskommen beschert hat.

#### **Gesund schrumpfen ist teuer**

Am schlimmsten trifft die Dörfer die Abwanderung. «Junge Menschen wollen Freizeit, Kultur, Kino und Unterhaltung. Hier

schneidet das Land viel schlechter ab als die Stadt», sagt Dieter Rink, Soziologe am Helmholtz-Zentrum der Universität Leipzig. Der Prozess in den Bergregionen sei im Wesentlichen derselbe, wie er in der ehemaligen DDR stattgefunden habe. Dort sind nach dem Mauerfall viele nach Westdeutschland gezogen.

Es gab regelrechte Geisterstädte. Schliesslich hat der Staat eingegriffen und Gelder für den Abriss leer stehender Häuser in der Peripherie und die Sanierung von Altbauten in der Innenstadt zur Verfügung gestellt. Seit 2002 hat die Bundesregierung rund drei Milliarden Euro für die Schrumpfung ostdeutscher Städte ausgegeben.

Die Schrumpfung staatlich zu finanzieren und zu begleiten wäre auch in den Schweizer Bergregionen sinnvoll. Doch es gibt zurzeit keinen Prozess, der dies erlauben würde: «Die Option, als Region einfach mal Pause zu machen, gibt es noch gar nicht», sagt Stefan Forster, Leiter des Forschungsbereichs Landschaft und Tourismus an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften: «Die Regionalpolitik des Bundes ist auf Wachstum ausgerichtet und nicht auf Schrumpfung. Diese steht nicht zur Diskussion.»

#### **Wortkreation dringend gesucht**

Einen Versuch gewagt hat das Amt für Wirtschaft und Tourismus des Kantons Graubünden. Es hat 2009 den Bericht «Strategien zum Umgang mit potenzialarmen Räumen» herausgebracht. «Eigentlich wollte man nur schauen, wo das Problem der Schrumpfung am dringendsten behandelt werden muss», sagt Forster. Das Resultat der Untersuchung war eine Karte, in der eben diese «potenzialarmen Räume» rot eingezeichnet waren. Darunter befanden sich die Region Hinterrhein, das Val Müstair oder das Schanfigg zwischen Chur und Arosa.

«Es war ein Debakel», sagt Forster. «In den Medien gab es einen Aufschrei. Gemeindepräsidenten waren empört.» Als Konsequenz wurde das Projekt, kaum aus der Taufe gehoben, gleich wieder begraben.

Grund dafür ist unter anderem, dass der Begriff Schrumpfung in der Schweiz – im Gegensatz zu Deutschland – nicht geduldet wird. Um allgemein akzeptierte Bezeichnung für die Schrumpfung ringen auch andere Orte. In Deutschland hat man die «Lean City», also «schlanke Stadt», erfunden. «Das hat sich jedoch nicht



Die Trümmer sind die Reste eines Plattenbaus in Leipzig. Hier wurde gezielt in den Abbruch leer stehender Wohnbauten investiert.

Bild: Keystone/Caro/Hechtenberg

durchgesetzt», sagt Rink. In der EU gibt es die etwas eigentümliche Wortkombination «Cities Regrowing Smaller».

Erfolgreich mit der Begriffsfindung waren bis heute allein die USA, wo ehemals blühende Städte wie Detroit zerfallen. Für sie haben die Bürgermeister das hübsche Label «Legacy City», «Vermächtnis-Stadt», geprägt. Der Begriff greift das Gute eines Ortes heraus und verschweigt gleichzeitig das Negative.

Von einer gelungenen Wortkreation wie dieser ist die Schweiz noch weit entfernt. Das ist nicht verwunderlich. Bund, Kantone und die Gemeinden versuchen der Schrumpfung mit allen Mitteln entgegenzuwirken. «Es gibt einen permanenten Druck zu Innovation. Man hält Meetings, macht Brainstorming, schreibt Kärtchen», sagt Forster. «Auf diese Weise werden viele Gelder für neue Entwicklungsprojekte eingesetzt, die am Ende dann doch nicht funktionieren.»

### Wachstum um jeden Preis

Ein gutes Beispiel dafür ist Andermatt, wo der ägyptische Investor Samih Sawiris seit sechs Jahren auf dem ehemaligen Militärgelände ein Luxusressort zu bauen versucht. Geplant sind mehrere Hotels, Dutzende von Apartmenthäusern und mehrere Hundert Ferienwohnungen sowie ein Golfplatz. Doch es ist erst ein Hotel von sechs geplanten gebaut, und die Gästezahlen bleiben auf tiefem Niveau. Forster bezweifelt, dass alles so umgesetzt wird, wie es geplant wurde.

Das neueste Grossprojekt in den Alpen ist die «Heidi-Erlebniswelt» auf dem Flumserberg – eine weitere Region, die mit sin-

kenden Besucherzahlen kämpft. Es soll ein Heididorf entstehen mit einer Sennelei, Ferienhäusern, einem Restaurant und einem Spielplatz. Geplant sind zudem zwei neue Hotels mit rund 180 Zimmern und einer angrenzenden Parkgarage mit rund 400 Parkplätzen. Die Investitionskosten für das Vorhaben, mit dem der Kanton St. Gallen mehr Touristen in das Randgebiet locken will, belaufen sich auf 100 Millionen Franken.

### «Andere Länder bringen das auch fertig.»

Dieter Rink

An der Urne werden solche Projekte in der Regel genehmigt, auch wenn damit landwirtschaftliche Fläche für einen Golfplatz oder ein Hotel geopfert werden muss. «Diese Regionen haben ein sehr hohes Interesse dran, dass jemand kommt und den Schrumpfungsprozess aufhält. Die Bevölkerung ist bereit, alle möglichen Zugeständnisse zu machen», sagt Rink.

### Klein hat Vorzüge

Oft wäre es besser, man würde die Gelder für den geordneten wirtschaftlichen Rückbau einsetzen. Denn so negativ die Schrumpfung besetzt ist – sie kann auch Vorteile haben. Wenn in einem Dorf wegen der Abwanderung die Schülerzahl sinkt, profitieren die verbleibenden Schüler mehr von der Lehrperson. Dadurch steigt die Unterrichtsqualität. «Der Kanton muss so natürlich mehr Schulen unterhalten, und

das kostet Geld», sagt Rink. «Aber andere Länder bringen das auch fertig. In Finnland gibt es viele dünnbesiedelte Gebiete, wo der Staat kleine Schulen betreibt.»

Entlegene Dörfer haben auch ihren Reiz als entschleunigte Alternativen zum hektischen und überfüllten Wohn- und Arbeitsort in der Stadt. «Es gibt Leute, die extra in diese Randregionen zügeln. Das sind junge, hochqualifizierte Gruppen. Die arbeiten dann von ihrem Laptop aus», sagt Colette Peter, Soziologin und Leiterin des Instituts für Soziokulturelle Entwicklung an der Hochschule Luzern.

Trotz dieser Vorzüge gibt es bis heute kein Dorf, das bewusst den Weg der Schrumpfung begangen hat. Nur ansatzweise gibt es schüchterne Vorstösse wie beispielsweise im Safiental im Kanton Graubünden. Seine Landschaft ist durch Hunderte kleine Ställe geprägt, in denen die Bauern früher das Heu aufbewahrt haben. «Die Bevölkerung weiss noch nicht, was sie mit diesen historischen Gebäuden anfangen soll», sagt Forster. «Aber vielleicht weiss es die nächste Generation.» Darum wird nun Geld für ihre Sanierung gesammelt. Auf diese Weise können die Ställe Pause machen, bis eine neue Nutzung für sie gefunden ist.

In diesem Beispiel ist auch enthalten, was Jon Mathieu als zentral für die Zukunft in den Alpen betrachtet. Man dürfe die Bevölkerung nicht zu einer Lösung zwingen, sondern müsse sie einbeziehen: «Das ist das Allerwichtigste.»

Atlant Bieri ist freier Wissenschaftsjournalist.



Der Mann wurde zweimal operiert. Die erste Trepanation – im Bild – hat er ein Weile überlebt.

## Erfolgreich am Schädel gebohrt

Schon während der späten Eisenzeit öffneten Heiler die Schädel ihrer Patienten – vermutlich bei Kopfschmerzen oder zur Behandlung von Verletzungen. Sie beherrschten verschiedene Techniken des Trepanation genannten Eingriffs. Die Überlebensrate war zum Teil recht hoch: Während im eisenzeitlichen Grossbritannien etwa 25 Prozent der Patienten die Trepanation überlebten, waren es in der Schweiz bezogen auf alle bisher untersuchten Schädel sogar 78 Prozent. Zu diesem Ergebnis kommen Forscherinnen der Abteilung Anthropologie vom Institut für Rechtsmedizin der Universität Bern unter der Leitung von Sandra Lösch.

Selber untersucht haben Sie die Knochen aus dem keltischen Gräberfeld von Münsingen, das 1906 gefunden worden war. Zwei der 77 gut erhaltenen Schädel weisen die für Trepanationen typischen Läsionen auf. Bei den beiden erwachsenen Männern wurde auf der linken Schädelseite operiert, wo sie zuvor eine Verletzung erlitten hatten, vermutlich im Kampf.

Der Jüngere starb bei der Operation, bei der das Scheitelbein zuerst geschabt und dann gebohrt worden ist. Der ältere Mann wurde zwei Mal operiert. «Dass er die erste Trepanation überlebt hat, ist deutlich an Heilungsspuren an den Knochenrändern zu erkennen. Dort bildete sich neues Knochengewebe», erläutert das Forscherteam. In der aktuellen Studie ergibt sich damit für die Fundstelle Münsingen eine Überlebensrate von 33 Prozent – bezogen auf die Anzahl Eingriffe.

Wie die Operationen genau abgelaufen sind, ist nur schwer zu belegen. Es gibt nahezu keine schriftlichen Quellen. Vermutlich gab man den Patienten vorher betäubende und anschliessend antibakteriell wirkende Heilpflanzen, vermuten die Wissenschaftlerinnen. *Anne-Careen Stoltze*

N. Moghaddam et al.: Survival after trepanation – Early cranial surgery from late Iron Age Switzerland. *International Journal of Paleopathology* (2015)

## Brave Parteisoldaten

Die Schweizer Ständerätinnen und Ständeräte stimmen seit 2014 elektronisch und nicht mehr per Handzeichen ab. Mit Folgen: Die Zahl der parteiinternen Abweichler ist seither im Durchschnitt von rund zehn auf unter sechs Prozent gesunken. Besonders ausgeprägt war der Rückgang bei den grossen Parteien SVP und SP. Zudem hat sich das Abstimmungsverhalten des National- und des Ständerats angeglichen. Zu diesen Resultaten kommt eine Forschungsgruppe der Universität St. Gallen. «Es scheint ein latenter Druck vorhanden zu sein, das Bewusstsein, dass das Abstimmungsverhalten überprüft werden kann», sagt Katharina Hofer vom Schweizerischen Institut für Empirische Wirtschaftsforschung. Doch Schweizer Parlamentarierinnen und Parlamentarier müssten in der Regel kaum nachhaltige disziplinarische Massnahmen befürchten, etwa einen Parteiausschluss. Welche Faktoren die Politikerinnen und Politiker bei ihren Entscheidungen leiten, soll deshalb jetzt genauer untersucht werden.

Einen Hinweis geben die Studienresultate eines Teams der Universitäten Basel und Zürich. Sie haben die Parteilinientreue unabhängig vom Abstimmungsprozedere untersucht. «Die grossen Fraktionen im Nationalrat stimmen heute geeinter ab als vor zwanzig Jahren. Bei der SVP stieg die Geschlossenheit von 80,5 Prozent im Jahr 1995 auf über 89 Prozent im Jahr 2015 an», schreiben die Autorinnen Stefanie Bailer und Sarah Bütikofer in einer 2015 publizierten Studie. Der Grund dafür liege in der «zunehmenden Professionalisierung der Mitglieder und der strafferen Fraktionsführung.» Damit rücke das Schweizer Parlament näher an die anderen europäischen Parlamente. *Astrid Tomczak-Plekawa*

Ch. Benesch, M. Bütler, K. Hofer: Transparency in Parliamentary Voting. CESifo Working Paper (2015)  
S. Bailer und S. Bütikofer: From loose alliances to professional political players: how Swiss party groups changed, in *Swiss Political Science Review* (2015)



Durch die elektronische Abstimmung wird genau nachvollziehbar, wer sich wie entschieden hat.



Mary Elizabeth Barber stellte mit ihren Erkenntnissen indirekt feministische Forderungen.

## Von den Vögeln die Gleichberechtigung gelernt

Wenn Wissenschaftler ihre Objekte untersuchen, sind immer ihre Werte und Überzeugungen im Spiel. Ein Beispiel dafür liefert das Werk der 1818 in England geborenen Mary Elizabeth Barber, die mit ihren Eltern früh nach Südafrika in die Kapkolonie übersiedelte und dort ihr langes Leben verbrachte.

Barber war die erste Botanikerin, Entomologin, Archäologin und Ornithologin Südafrikas. Bei der Erforschung der Vögel spezialisierte sie sich auf das Sozialverhalten der einheimischen und europäischen Arten, die in Südafrika überwinterten. «Auffällig ist, dass Barber in den von ihr beobachteten Vogelfamilien ein Gegenmodell zum vorherrschenden viktorianischen Familienmodell gefunden hat», sagt Tanja Hammel von der Universität Basel. Die Historikerin schreibt ihre Dissertation über die bedeutende Wissenschaftlerin, die nahezu in Vergessenheit geraten ist.

Barber habe hervorgehoben, dass sich weibliche und männliche Vögel zu gleichen Teilen um den Bau der Nester und die Aufzucht der Brut kümmern und kaum geschlechtsspezifische Unterschiede aufweisen, erklärt Hammel: «Sie hat mit ihrer Arbeit implizit die soziale Gleichheit der Geschlechter gefordert, die Institution der Ehe kritisiert und alternative Beziehungsmodelle aufgezeigt.» Mit ihrem wissenschaftlichen Feminismus habe Mary Elizabeth Barber bereits auf die Benachteiligung der Frauen aufmerksam gemacht, bevor sich die Frauenrechtsbewegung in Südafrika formierte. *Urs Hafner*

T. Hammel: Thinking with birds: Mary Elizabeth Barber's advocacy for gender equality in ornithology, in: *Southern African Histories*, *Kronos* (2015)

# Vortasten in der Risikozone

Am 1. Juni 2016 wurde nach knapp 20 Jahren Bauzeit der Gotthard-Basistunnel eröffnet. Peter Guntli war am Bau des längsten Eisenbahntunnels der Welt beteiligt. Der Chefgeologe des Bauabschnitts Sedrun blickt zurück.



Meine kleine Tochter war vier Jahre alt, da hat sie meine Schwester gefragt, wann der Vater endlich mit dem Tunnel fertig sei. «Wenn du Auto fahren kannst», antwortete diese. So gesehen waren wir schneller als damals erwartet. Meine Tochter ist heute 23 Jahre alt und kann immer noch nicht Auto fahren. Aber der Tunnel, der wird am 1. Juni dieses Jahres eröffnet. Lange Zeit konnte ich mir überhaupt nicht vorstellen, dass dieser Tag mal kommen wird. Jetzt ist er bald da. Nach über 20 Jahren Mitarbeit an dem Projekt!

Ich bin eher durch Zufall an den Gotthard geraten. Am Anfang hatte ich null Erfahrung, im normalen Geologiestudium lernt man ja nicht, wie man Tunnel oder Schächte baut. Wir Schweizer standen vor dem riesigen schwarzen Loch des Schachtes Sedrun, haben runtergeschaut und gestaunt, was die südafrikanischen

Schachtbauer da unten machen. Über die Jahre habe ich selber die Erfahrung für den Tunnelbau erworben, über Lehrgänge, aber vor allem über die Praxis. Ich wurde Chefgeologe des Tunnelabschnitts Sedrun.

## Tunnel bauen mit Bauchgefühl

Unsere Hauptaufgabe ist es, das jeweils vor uns liegende Gestein zu beurteilen, um die Ingenieure und Tunnelbauer beim Vortrieb des Stollens zu beraten: Liegt eine unproblematische Zone aus hartem Gneis vor ihnen, wo man ohne grosse Gefahren mit dem Vortrieb vorankommt? Und bereits mit fünf Zentimeter Spritzbeton und wenigen Ankern den Tunnel absichern kann? Oder handelt es sich um eine Risikozone mit weichem, druckhaftem Gestein und grosser Wasserführung, wo man sich mit Bohrungen vortasten und umfangreiche Stütz- oder Abdichtungsmassnahmen treffen muss?

Da hat man meistens nicht viel Zeit, um aufwändige Tests im Labor zu machen. Ein tagelanger Baustopp liegt nicht drin. Es gibt zwar objektive Kriterien, die systematisch und detailliert erfasst werden. Am Schluss bleibt aber nur das Bauchgefühl oder, professioneller gesagt, die Erfahrung und natürlich auch gute Teamarbeit. Glücklicherweise ist in meinem Abschnitt wegen der Geologie nie etwas Ernsthaftes passiert. Wobei das normale Unfallrisiko auf der Baustelle natürlich gross ist: Wenn ein Werkzeug trotz aller Schutzmassnahmen 800 Meter tief durch einen senkrechten Schacht fällt, sollte man nicht in der Falllinie stehen. Vor allem am Anfang hatte ich deshalb sehr viel Respekt vor dem Tunnel, mehr als Respekt. Auch wenn man sich mit der Zeit an die Atmosphäre gewöhnt, bleibt es was Besonderes. Das ist nicht etwas für jeden: allein schon das Gefühl,



dass Tausende Meter Gestein über einem sind, die kilometerlange Fahrt in die Dunkelheit, das ständige Kunstlicht, der Lärm der Bohrhämmer.

Im Tunnel muss man gewissenhaft und mit Vorsicht arbeiten, das ist kein Ort zum Rumalbern. Obwohl, einmal haben meine jungen Mitarbeiter einen Aprilscherz gemacht: Sie gaben im offiziellen Erkundungsrapport an, sie hätten Gold gefunden - und würden jetzt den Tunnel über Ostern absperren, um nach Gold zu schürfen. Da hat sich jemand tatsächlich entrüftet, das Gold gehöre doch den Bauherren, nicht den Geologen!

#### **Dauernd einsatzbereit**

Aber in der Regel sind wir ernsthaft bei der Sache. Gerade war wieder so ein anstrengender Tag auf der Baustelle, an einer Zone mit vielen wasserführenden Schichten, die wir mit Bohrungen er-

kunden mussten. Wir haben extra eine Spezialfirma beauftragt, die mit Bohrlochkameras da hineinfährt, gegen einen Wasserstrahl von zehn Liter pro Sekunde. Das war nicht einfach. Wir haben das Problem dann doch noch in den Griff bekommen. Gegen Mitternacht konnte ich nach Hause fahren.

Meine Arbeit macht mir immer noch Spass, der Tunnel ist faszinierend, aber auch anstrengend. Im Grunde stand ich in den vergangenen beiden Jahrzehnten stets in telefonischer Bereitschaft, denn es wird rund um die Uhr gebaut. Am 1. Juni 2016 werde ich sehr glücklich sein und sehr stolz, aber auch sehr erleichtert.



Aufgezeichnet von Christian Weber

**Oben:** Das vierarmige Bohrgerät mit Spezialantrieb macht Löcher für Sprengladungen in das druckhafte Gotthardmassiv unterhalb Sedrums. **Unten:** Peter Guntli mit dem weissen Helm führt Geologiestudenten durch seinen Streckenabschnitt.

Bilder: AlpTransit Gotthard AG (oben) und Christian Schläechter, Uni Bern (unten)

# Künstliche Nervenzellen, echtes Potenzial

Algorithmen, die das Gehirn imitieren, gibt es seit einem halben Jahrhundert. Erst in jüngster Zeit ist es aber gelungen, ihr Potenzial wirklich auszuschöpfen. Die Entwicklung künstlicher neuronaler Netze ist für die künstliche Intelligenz ein Meilenstein. *Von Fabien Goubet*

**M**ärz 2016: Der Go-Weltmeister Lee Sedol verliert mit 1:4 gegen das Computerprogramm AlphaGo. Viele sehen darin eine weitere Niederlage des Menschen gegen die Maschine. Ausschlaggebend für den Sieg war ein Ansatz der künstlichen Intelligenz, der sich im letzten Jahrzehnt schnell entwickelte: das Deep Learning, bei dem Algorithmen in Netzwerken künstlicher Neuronen ausgeführt werden, also eine Softwarearchitektur, die ihre biologischen Vorbilder nachempfunden.

Das Deep Learning stützt sich stark auf die Arbeiten von Jürgen Schmidhuber, Direktor des Istituto Dalle Molle di Studi sull'Intelligenza Artificiale (IDSIA) am Stadtrand Luganos. AlphaGo verwendet Algorithmen von DeepMind, einem Start-up, das Google Anfang 2014 für 500 Millionen Dollar erwarb. Einer der drei Gründer des Start-ups, Shane Legg, hat am IDSIA doktriert. Drei weitere Mitglieder forschten im Tessiner Labor.

«Jürgen Schmidhuber ist einer der besten Forscher im Bereich Deep Learning», erklärt Boi Faltings vom Labor für künstliche Intelligenz an der EPFL. «Er war immer überzeugt, dass es sich lohnt, an diesem Thema zu bleiben.» Das bestätigt auch Stéphane Marchand-Maillet von der Abteilung Informatik der Universität Genf: «Er ist seit den frühesten Anfängen dabei.»

## Üben mit Tausenden Katzenfotos

Der Sieg im Go-Spiel illustriert eindrücklich das Potenzial von Deep Learning, das sich besonders in der Mustererkennung hervortut. Seit einigen Jahren kommt es in einer Vielzahl von Anwendungen zum Einsatz: Bild- und Spracherkennung, Online-Übersetzungswerkzeuge oder auch Assistenten von Smartphones. Deep Learning beruht auf dem Prinzip des maschinellen Lernens: Zuerst müssen die Algorithmen mit zahlreichen Beispielen gefüttert werden, anhand derer sie lernen können. Das Prinzip profitiert zweifellos von den Inhalten, die von den Nutzern des Web 2.0 und von Smartphones erstellt werden – von auf

Facebook geposteten Fotos bis zu offiziellen Übersetzungen im Netz. Wenn der Maschine beispielsweise Tausende von Katzenfotos vorgelegt werden, lernt sie, Katzen zu erkennen und schliesslich Katzenfotos zu identifizieren, die sie noch nie gesehen hat.

Die Ursprünge des Deep Learning reichen in die 1950er Jahre zurück.

Die Idee des Deep Learning ist keineswegs neu, musste für ihren Höhenflug jedoch auf die Ankunft moderner Computer warten. Anfang der 1950er Jahre versuchten Biologen, die Funktion der Nervenzellen im Gehirn mit formalen Grundsätzen zu erklären. Der Psychologe Frank Rosenblatt vom Cornell Aeronautical Laboratory im Staat New York veröffentlichte 1956 ein digitales Modell, das auf diesen Konzepten beruhte, und schuf damit das erste künstliche neuronale Netz. Mithilfe eines Rechners lernte dieses Netz, rudimentäre Bilder zu erkennen.

«Dieses Netz enthielt nur gerade acht, in derselben Ebene organisierte Neuronen. Es konnte nur einfache Zeichen erkennen», erzählt Claude Touzet vom Labor für integrative und adaptive Neurowissenschaften der Universität Aix-Marseille. «Erst 1985 standen viel leistungsfähigere künstliche neuronale Netze der zweiten Generation mit mehreren Schichten zur Verfügung.» Dieser Durchbruch gelang voneinander unabhängig drei Forschern: Yann LeCun in Paris, Geoffrey Hinton in Toronto und Terrence Sejnowski in Baltimore.

## Schritt für Schritt lernen

In diesen Netzen lernt jede Schicht, genau festgelegte Eigenschaften eines Musters visuell zu erkennen. Je tiefer die Schicht liegt, desto abstrakter sind die Merkmale. Am Beispiel der Katzenfotos würde die erste Ebene die Farben der Pixel analysieren, eine übergeordnete Struktur dagegen eher



Vier von fünf Go-Partien hat Lee Sedol gegen die Maschine verloren. Gelernt hat die Maschine das komplexe Spiel – dieses hat  $2,08 \times 10^{170}$  gültige Spielpositionen – mit einer Software-Architektur, die neuronale Netzwerke nachbildet. Bild: EPA/Jeon Heon-Kyun

die allgemeine Form des Tieres. Diese in die Tiefe führende Architektur, bei der die Berechnungen manchmal in mehreren tausend Schichten erfolgen, hat Deep Learning seinen Namen gegeben.

«Jedes künstliche Neuron empfängt einen Eingangswert, wandelt diesen gemäss einer mathematischen Funktion um und wird aktiviert, wenn das Ergebnis einen zuvor festgelegten Schwellenwert überschreitet», erklärt Stéphane Marchand-Maillet. So wird die Funktionsweise einer echten Nervenzelle nachgebildet: Nur wenn das Eingangssignal einen bestimmten Wert erreicht, leitet sie den Reiz in Form eines elektrischen Potenzials entlang ihrer Fortsätze bis zu den Synapsen weiter. In der künstlichen Version werden die innerhalb derselben Schicht produzierten Ergebnisse gewichtet, addiert und dann als Eingangssignal an die nächste Schicht mit weiteren Funktionen weitergeleitet, dann wiederum zur nächsten Schicht, bis zum Ausgang.

«Echte künstliche Intelligenz wird unsere Zivilisation tiefgreifend verändern.»

Jürgen Schmidhuber

«Wenn beispielsweise eine grosse Zahl von Apfel- und Wassermelonenfotos eingespeist wird, lernt das System irgendwann, die beiden Früchte nach ihrem

Durchmesser zu unterscheiden», erklärt der Genfer Forscher. «Wenn die Maschine keine Entscheidung fällen kann, zum Beispiel weil eine sehr kleine Wassermelone abgebildet ist, übernimmt die nächste Schicht und analysiert Farbe oder Textur der Frucht, und so weiter, wobei jede Schicht die Unterscheidung verfeinert.»

#### Entwicklungshelfer Videospiele

Die zu geringe Leistungsfähigkeit der Computer verhinderte während Jahrzehnten komplexere Anwendungen. Die Industrie zeigte sich weitgehend uninteressiert, einzig der Videospiele-Bereich trug ungewollt zum Erfolg des Deep Learning bei, weil die Grafikprozessoren (GPU) von Spielkonsolen eine unerreichte Leistung zu einem moderaten Preis bieten: bis zu sechs Teraflops, rund 6000 Milliarden Operationen pro Sekunde, für einige Hundert Dollar. «Zweifellos hat diese Rechenleistung den Quantensprung im Deep Learning herbeigeführt», sagt Claude Touzet. GPU eignen sich ausserdem hervorragend für Parallelberechnungen, die für die gleichzeitige Verarbeitung der unzähligen Operationen bei neuronalen Netzen erforderlich sind.

Die Bilderkennung erzielt inzwischen hervorragende Ergebnisse. Noch komplexer wird es bei aufeinanderfolgenden Informationen wie Sprach- oder Videosequenzen. An deren Verarbeitung forscht Jürgen Schmidhuber vom IDSIA bereits seit 1989 und entwickelte dazu rekurrente

Netze: Die Neuronen kommunizieren untereinander mittels Schleifen, die auch rückwärts in vorhergehende Schichten führen.

Die sequenzielle Datenanalyse hängt stark vom Kontext und von vorhergehenden Daten ab. Die im Tessin entwickelten LSTM-Netze (Long Short Term Memory) behalten frühere Ereignisse im Gedächtnis. So können sie besser zwischen ähnlichen Wörtern wie «Schiff» oder «Riff» unterscheiden, indem sie darauf achten, ob die Lautfolge mit «sch» oder «r» begonnen hat. «Rekurrente Netze sind leistungsfähiger als andere Ansätze wie das Hidden Markov Model», erklärt Jürgen Schmidhuber und weist darauf hin, dass Google Voice den LSTM-Ansatz 2015 übernommen hat. «Durch die Rückkopplung steht in diesen Netzen eine beliebig grosse Zahl von Schichten zur Verfügung», fügt Boi Faltings von der EPFL hinzu.

Für Jürgen Schmidhuber ist Deep Learning nur ein Aspekt der künstlichen Intelligenz (KI). Er glaubt, dass echte KI «unsere Zivilisation tiefgreifend verändern wird». Stéphane Marchand-Maillet hält Deep Learning eher für einen Hype, der den Eindruck vermittelt, dass KI alles lernen kann, solange genügend Daten zur Verfügung stehen: «Noch gibt es jedoch keine Antwort darauf, ob sich Deep Learning auf alle Bereiche übertragen lässt.»

Fabien Goubet ist Wissenschaftsjournalist und schreibt für Le Temps.

# Der Goethe der Mathematik

Nach mehr als hundert Jahren nähert sich die Publikation der gesammelten Werke von Leonhard Euler ihrem Ende. Bewältigt ist der Nachlass des grossen Basler Mathematikers damit aber noch nicht. Von Mathias Plüss

**E**s ist einfach viel Ware», sagt Martin Mattmüller. Im Gestell hinter ihm stehen jene 75 Bände der Euler-Gesamtausgabe, die bisher erschienen sind. «Für einen einzelnen Menschen ist es kaum möglich, das alles zu durchdringen.» Umso erstaunlicher, dass ein einzelner Mensch die Grundlage dafür erschaffen konnte.

Der Basler Mathematiker Mattmüller ist Sekretär der Euler-Kommission – jenes Organs der Akademie der Naturwissenschaften (SCNAT), das die gesammelten Werke Eulers herausgibt. «Zwei Bände über Astronomie stehen noch aus», sagt der 58-Jährige. «Bis in zwei Jahren sollten sie fertig sein.» Damit wäre der Nachdruck von Eulers Publikationen abgeschlossen. Bei der Briefreihe sind noch vier Bände in Arbeit, die in absehbarer Zeit in Druck gehen werden.

## Originale lagern in St. Petersburg

Leonhard Euler (1707–1783) gilt als produktivster Mathematiker aller Zeiten – er hat zwei Dutzend Bücher und fast neunhundert Einzelarbeiten geschrieben. Geboren und ausgebildet in Basel, hat Euler den Rest seines Lebens an der Russischen Akademie der Wissenschaften in St. Petersburg und in Berlin verbracht. Er bereicherte nicht nur die gesamte Mathematik und Physik, sondern befasste sich auch mit technischen Problemen – etwa mit der Verbesserung von Turbinen und Fernrohren. Seine berühmte Formel  $e^{i\pi} = -1$  wurde von der Mathematikerzunft zur schönsten Gleichung aller Zeiten gewählt, und er erfand auch eine Vorform des Sudoku.

Im Umfeld der Feier von Eulers 200. Geburtstag 1907 beschloss die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft (heute SCNAT) die Gründung der Euler-Kommission und betraute sie mit der Herausgabe des Gesamtwerks. Das Projekt «Opera Omnia» startete mit viel Elan, die ersten Bände erschienen ab 1911 in rascher Folge.

Doch das Unternehmen geriet mehrfach ins Stocken. So verlor die Kommission in den 1930er Jahren einen Teil ihres Vermögens durch eine Bankenpleite. Über-

dies mussten die Euler-Handschriften, die für die Edition leihweise aus St. Petersburg nach Basel kamen, zurückgeschickt werden. Gerne hätte die Kommission sie definitiv in der Schweiz behalten, doch die Sowjetunion lehnte selbst einen Tausch mit Lenin-Briefen aus hiesigen Archiven ab. Seither arbeitet man in Basel bei Bedarf mit Fotos und Abschriften der Originale.

## Wenig bekannte Grösse

Nach dem Krieg lebte das Projekt zwar wieder auf, in den letzten Jahrzehnten aber ging es eher schleppend vorwärts. Todesfälle von Editoren, oft emeritierte Wissenschaftler, verzögerten das Projekt. Auch die Arbeitsweise hat sich über die Jahrzehnte geändert. Die ersten Bände wurden von Physikern und Mathematikern herausgegeben, hatten nur wenig Fussnoten und kurze Einleitungen. Seit man sich an die Herausgabe der Briefe gemacht hat, wird das Material mit grösserem Aufwand historisch-kritisch aufgearbeitet. Ziel der früheren Vorgehensweise war, Eulers Originalwerke, die oft nicht mehr greifbar

waren, der Mathematik und der historischen Forschung zugänglich zu machen. Heute besteht dieses Problem nicht mehr, die meisten Publikationen stehen im Internet.

Hingegen gibt es immer noch zahlreiche Briefe, Notizbücher und andere unpublizierte Handschriften, die in den «Opera Omnia» keinen Platz fanden. «Aus heutiger Sicht würden wir wahrscheinlich der Aufarbeitung dieses teilweise noch nicht analysierten Materials Priorität einräumen», sagt Martin Mattmüller. Es bestehen Pläne, dies nach Abschluss der gedruckten Bände nachzuholen. Das ergäbe nochmals ein Mammutprojekt – und zwar ein digitales.

Lohnend wäre es auf jeden Fall, denn Euler war wirklich eine singuläre Figur, findet Mattmüller: «Die Schweiz hatte keinen Goethe und keinen Mozart, aber wir hatten Euler – einen Mann von absolutem Weltrang. Dessen ist man sich hier viel zu wenig bewusst.»

Mathias Plüss ist Wissenschaftsjournalist und schreibt regelmässig für Das Magazin.



Es dauerte länger, Leonhard Eulers Werk aufzubereiten, als dieser in 76 Lebensjahren Zeit hatte, es zu schaffen. Bild: Keystone/Heritage Images/Fine Art Images

## Auch kleinste Transistoren werden heiss

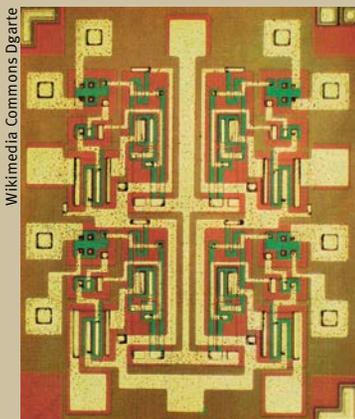
**S**o rätselhaft Laien der Aufbau eines Computers erscheint - viele kennen das «Moore'sche Gesetz»: Demnach wird alle zwei Jahre die Zahl der Transistoren verdoppelt, die in einen integrierten Schaltkreis passen. Ein Ende ist aber wegen physikalischer Grenzen abzusehen: Schon wird an der wohl kleinstmöglichen Generation von Transistoren mit einer Gate-Länge von fünf Nanometern geforscht.

Bisher nahmen Forscher an, so kleine Transistoren hätten einen Vorteil: Die Elektronen könnten fließen, ohne Wechselwirkungen mit dem Atomgitter der Transistoren einzugehen. Das würde Strom sparen.

Doch der erhoffte Vorteil ist wohl ein Phantom. Das zeigten Reto Rhyner und Mathieu Luisier von der ETH Zürich jetzt mithilfe atomistischer Computersimulationen von Transistoren aus 3-Nanometer-Drähten. Demnach gibt es die Wechselwirkungen mit dem Atomgitter doch: «Die Wechselwirkungen schränken die Mobilität der Elektronen und Löcher ein - dadurch kommt es zu einer Selbsterhitzung der Transistoren und zu Energieverlust», sagt Luisier. In Nanodrähten aus Silizium fliesse 30 bis 50 Prozent weniger Strom als erwartet.

Rhyner und Luisier untersuchten auch, wie dieser Energieverlust minimiert werden könnte. Germanium taugt offenbar eher als Silizium; auch die Gitteranordnung hat einen Einfluss. Wichtig sei zudem die Oberfläche der Nanodrähte, schreiben die Elektroingenieure. Denn die thermische Leitfähigkeit des Gitters hänge stark von der Rauigkeit ab. Mit diesen Tipps können andere Forscher nun weiterarbeiten - und in vielleicht fünf bis zehn Jahren hocheffiziente Nanodraht-Transistoren mit ultrakurzen Kanallängen produzieren. *Sven Titz*

R. Rhyner und M. Luisier: Minimizing Self-Heating and Heat Dissipation in Ultrascaled Nanowire Transistors. *Nano Letters* (2016)



Egal wie klein, der Transistor - im Bild ist ein vierfaches Nand-Gatter - wird dennoch heiss.



Zirren wirken wie mit feinen Pinselstrichen gemalt. Ihr Einfluss aufs Klima ist aber beachtlich.

## Eiskristallwolken erwärmen die Erde

**Z**irren - Eiskristallwolken in acht bis zehn Kilometer Höhe - sind einer der grossen Unsicherheitsfaktoren in den Modellen, mit denen Klimaforscher die globale Erwärmung prognostizieren wollen. Erika Kienast von Meteo Schweiz analysierte während ihrer Promotion an der ETH Zürich 13 000 Stunden Lidar-Messdaten - eine Radar-ähnliche Methode, die Laserstrahlen verwendet. Sie entwickelte einen Algorithmus, um Zirruswolken aufzuspüren und deren Eigenschaften und ihren Einfluss auf das Erdklima zu evaluieren. «Zirren halten durch ihren positiven Strahlungsantrieb die Erde warm, ähnlich einer Decke», erklärt die Atmosphärenphysikerin. Eiskristallwolken lassen zwar die Sonnenstrahlen durch, reflektieren jedoch die Abstrahlung der Erde, was wärmend auf das Klima wirkt. Tieferliegende Wolken hingegen reflektieren das Sonnenlicht, was die Erde darunter kühlt.

Die ETH-Studie fand zudem heraus, dass auch bisher nie berücksichtigte, unsichtbare Zirruswolken einen erwärmenden Effekt auf das Klima haben. Dieser ist mit etwa fünf Prozent vom Einfluss der sichtbaren Zirren gering. «Obwohl seit über 100 Jahren Wolkenforschung betrieben wird, weiss man wenig über Wolken», sagt Ulrike Lohmann, Atmosphärenphysik-Professorin an der ETH. In der Tat existiert keine weltweite Messdatenhistorie. «Die bestehenden Daten sind immer nur Schnappschüsse, die man zu einem ganzheitlichen Bild zusammenfügen versucht», bestätigt Kienast. Aber auch wenn Daten vorhanden wären: «Trotz steigender Rechnerleistung sind die Klimamodelle zu komplex, als dass Computer die Wolken detailgetreu berechnen könnten.» *Sergio Caré*

E. Kienast-Sjögren et al.: Radiative properties of mid-latitude cirrus clouds derived by automatic evaluation of lidar measurements. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions* (2016)

## In der Höhe ist der Wald resistenter

**W**ie wird sich die Klimaerwärmung auf die Wälder in der Schweiz auswirken? Nicolas Bircher von der ETH Zürich hat seine Doktorarbeit dieser Frage gewidmet, die Behörden und Forstindustrie gleichermaßen beschäftigt.

Der Forscher simulierte die Entwicklung von 71 für unser Land typischen Waldbeständen in den kommenden hundert Jahren. Dabei hat er verschiedene Szenarien zum Klima und zur Bewirtschaftung - mit und ohne menschliche Intervention - berücksichtigt. Insgesamt hat er elf mögliche klimatische Entwicklungen getestet, die im Allgemeinen von ansteigenden Temperaturen und weniger Niederschlägen im Sommer ausgingen. Das Ergebnis: Es ist mit Veränderungen der Struktur und Zusammensetzung der Schweizer Wälder ab der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts zu rechnen.

«Diese Modelle lassen gewisse Trends erkennen, sie liefern aber keine präzisen Voraussagen», betont Bircher. Untersucht haben die Forschenden die Bestandesgrundfläche - eine Grösse zur Einschätzung der Produktivität eines Waldes. «Wir haben einen Rückgang an niedrigen Standorten im Mittelland und Jura festgestellt. Dagegen erhielten wir eine Grundflächenzunahme in der Höhe, insbesondere in den Voralpen, ebenso wie eine Erhöhung des Anteils der Laubbäume.» Eine weitere Schlussfolgerung ist, dass mit geeigneten forstwirtschaftlichen Massnahmen die negativen Auswirkungen der Klimaveränderung reduziert werden können. Die Entwicklung des Waldes hänge eng mit lokalen Parametern wie beispielsweise den Bodeneigenschaften zusammen, sagt Bircher: «Die gewählten Strategien müssen diesen lokalen Besonderheiten Rechnung tragen.» *Sophie Gaitzsch*

N. Bircher: To die or not to die: Forest dynamics in Switzerland under climate change. Ph.D. Thesis, ETH Zurich (2015)



Die Zusammensetzung des Waldes - hier mit vielen Buchen - wird sich mit dem Klima ändern.

# Die Heilkunde sträubt sich gegen den Tod

Palliative Care lindert die Leiden schwerstkranker Menschen, doch viele Mediziner vernachlässigen noch immer den Ansatz. *Von Susanne Wenger*

**H**err Lazaroff, Mitte 60, litt an metastasierendem Prostatakrebs. Obwohl keine Aussicht auf Heilung bestand, wurde er erneut operiert. Zwei Wochen später starb der Patient auf der Intensivstation. «Die Illusion, der er aufsass, narrete auch uns Ärzte», schreibt der US-amerikanische Chirurg Atul Gawande in seinem Buch «Sterblich sein» selbstkritisch: «Wir schafften es nie, über die tiefere Dimension seiner Lage und die Grenzen unserer Möglichkeiten zu sprechen, geschweige denn darüber, was für ihn am Ende seines Lebens vielleicht am meisten von Bedeutung wäre.»

## Linderung steht im Vordergrund

Hier setzt das Konzept der Palliative Care an. Anstatt Lebensverlängerung um jeden Preis rückt ein anderes Therapieziel in den Vordergrund: Den Todkranken soll es in der verbleibenden Zeit möglichst gut gehen.

In der Schweiz verabschiedeten Bund und Kantone die nationale Strategie Palliative Care erst 2015. Auch das akademische Fach der Sterbebegleitung ist hierzulande noch jung. Der erste Lehrstuhl für Palliativmedizin entstand 2011 an der Universität Lausanne. Inzwischen wurden fünf weitere Professuren geschaffen: zwei in Lausanne und je eine in Genf, Bern und Zürich, letztere an der theologischen Fakultät.

«Es geht um weit mehr als Morphium und Händchenhalten.»

Gian Domenico Borasio

## Palliative Care gemäss WHO

«Palliative Care dient der Verbesserung der Lebensqualität von Patientinnen und Patienten und ihren Angehörigen, die mit einer lebensbedrohlichen Erkrankung konfrontiert sind. Dies geschieht durch Vorbeugung und Linderung von Leiden mittels frühzeitiger Erkennung, hochqualifizierter Beurteilung und Behandlung von Schmerzen und anderen Problemen physischer, psychosozialer und spiritueller Natur.»

Einiges ist im Aufbruch, und doch scheint die Begleitung von Todkranken bisher ein etwas stigmatisiertes Stiefkind der Medizin geblieben zu sein – ein gesonderter Bereich, der erst dann zum Einsatz kommt, wenn eine Patientin oder ein Patient «austherapiert» ist. «Unser Gebiet ist der Gegner der kurativen Medizin: das Sterben», erklärt Steffen Eychmüller, Professor für Palliative Care an der Universität

Bern. Der hochspezialisierten, auf Heilung ausgerichteten Medizin gilt der Tod oft als Misserfolg, als Niederlage.

Auch dank der beeindruckenden Fortschritte der kurativen Medizin hat sich unsere Lebenserwartung fast verdoppelt. Das System schaukle sich aber gelegentlich zu «Allmachtsphantasien» hoch, sagt Gian Domenico Borasio, Professor für Palliativmedizin an der Universität Lausanne.

Die Palliativmedizin hingegen akzeptiere, dass die Medizin nicht jede Krankheit heilen könne. Sie stelle unbequeme Fragen: Ist wirklich alles sinnvoll, was machbar ist? «Übertherapien am Lebensende sind ein riesiges Problem im Gesundheitswesen», sagt Borasio. Nicht nur ethisch, auch finanziell. Dafür seien nicht die Ärztinnen und Ärzte allein verantwortlich, sondern die ganze Gesellschaft. Er hält fest, mit Übertherapien werde viel Geld verdient. Das Schweizer Gesundheitswesen sei «betriebswirtschaftlich organisiert», sagt auch Eychmüller. Ein Sterbender, der auf teure medizinische Prozeduren verzichtet, wird rasch zum negativen Kostenfaktor.

## Spirituelle Begleitung ist gefragt

Palliative Care wurde erst vor Kurzem in der ärztlichen Aus- und Weiterbildung verankert. Oft wird sie mit einer einfachen Schmerztherapie in der Sterbephase gleichgesetzt. Laut Borasio geht es um «weit mehr als Morphium und Händchenhalten». Die Kontrolle physischer Symptome wie Schmerzen oder Atemnot mache in der klinischen Realität etwa die Hälfte aus. Genauso wichtig ist der andere Teil: die psychosoziale und spirituelle Begleitung.

Ärztinnen und Ärzte befürchten, mit der Abgabe von Morphin das Ableben zu beschleunigen. Doch die lebensverkürzende Wirkung wird «allgemein überschätzt», wie die Schweizerische Akademie der Medizinischen Wissenschaften in ihren Richtlinien zu Palliativmedizin festhält. Die Frage der Abwägung stellt sich auch bei anderen Interventionen, fügt Eychmüller an: «Schwerkranke können auch an einer Notoperation oder an einer experimentellen Chemotherapie versterben, die ihre Leiden lindern soll.»



**Auch «Die Sterbende»** Geliebte des Malers Ferdinand Hodler hätte sich in der Endphase ihres Krebsleidens wohl die Linderung durch Palliative Care gewünscht. Bild: Kunstmuseum Basel/Martin P. Bühler

Am Lebensende ist kollegiale Teamarbeit jenseits von Hierarchien gefragt: Ärztinnen und Ärzte arbeiten mit Fachleuten aus Pflege, Psychologie, Sozialarbeit und Seelsorge zusammen. Auch die Forschung ist angehalten, die Grenzen der Disziplinen zu sprengen - doch was nicht in die gängigen Studiendesigns einer naturwissenschaftlich-technisch orientierten Medizin passt, droht als «Soft Data» ignoriert zu werden.

«Das Sterben ist der Gegner der kurativen Medizin.»

Steffen Eychmüller

«In der Palliativforschung muss sich erst noch eine gemeinsame Sprache entwickeln», sagt der Theologe Simon Peng-Keller, Professor für Spiritual Care an der Universität Zürich. Er untersuchte im Nationalen Forschungsprogramm «Lebensende» (NFP 67) das starke bildhafte Erleben vieler Menschen in Todesnähe. Dabei geht es um Angst, aber auch um Vertrauen. Spirituelle Begleitung sei besonders wichtig

bei lebensbegrenzenden Krankheiten: «Da brechen Sinnfragen auf. Man möchte als ganzer Mensch wahrgenommen werden, auch vom Arzt.» Bei seinen Medizin- und Theologiestudierenden stellt Peng-Keller «eine erfreuliche Offenheit» fest.

#### Oft sogar lebensverlängernd

Zwei Studien aus den USA und Japan in den letzten Jahren zeigten, dass palliativ behandelte Todkranke gleich lang oder sogar länger lebten als solche, die mit den üblichen Chemotherapien therapiert wurden - und dies bei besserer Lebensqualität.

Solche Befunde helfen laut Borasio, die Palliativmedizin vom Rand ins Zentrum zu rücken und die ganze Medizin patientenzentrierter und kommunikativer zu gestalten. Das scheint umso nötiger, als in der Schweiz heute recht häufig auf lebensverlängernde Massnahmen verzichtet wird. Doch nicht immer beziehen Ärztinnen und Ärzte die Kranken und ihr Umfeld mit in die Entscheidung ein, wie jüngst eine Studie aus dem NFP 67 ergab. Laut Mitautor Georg Bosshard, Geriater am Universitätsspital Zürich, gilt es, das umfassende Konzept auf die wachsende Zahl chronisch Kranker auszudehnen.

Allgemeingültige Kriterien für ein gutes Sterben gibt es freilich auch in der Palliativmedizin nicht. Das Sterben sei so individuell wie das Leben, sagt Gian Domenico Borasio: «Ziel ist, dass jeder Mensch seinen eigenen Tod sterben darf.» Einzelne entschieden sich für assistierten Suizid, weil das für sie der richtige Weg sei, erklärt Borasio: «Mit fachkompetenter Palliativbetreuung sind es nur wenige.»

Susanne Wenger ist freie Journalistin in Bern.

# Auf der Suche nach dem optimalen Gras

Bei Weizen, Mais und Reis haben Pflanzenzüchter mit ertragreicheren Sorten die so genannte grüne Revolution ermöglicht. Erfasst diese bald auch das Gras auf den Wiesen und Weiden? *Von Ori Schipper*

**D**as des Nachbarn ist zwar grüner als das eigene, aber sonst machen sich die meisten Menschen nicht viele Gedanken darüber, wie das Gras wächst. Dabei bestehen gute zwei Drittel der landwirtschaftlichen Nutzfläche in der Schweiz aus Wiesen und Weiden. Das Graswachstum ist also zumindest wirtschaftlich gesehen ein Faktor, den es zu berücksichtigen - und womöglich zu optimieren - gilt.

Denn ein knappes Fünftel des Grünlands gehört zu den so genannten Kunstwiesen, die (im Gegensatz zu den Dauerwiesen) in die ackerbauliche Fruchtfolge integriert sind und regelmässig mit Futtergräsern angesät werden. Das Saatgut der wichtigsten Gräserarten wird durch Züchtung stetig weiterentwickelt. Doch während Züchtungserfolge bei Getreidearten wie etwa Weizen, Mais oder Reis zu spektakulären Ertragssteigerungen führten und als grüne Revolution ins öffentliche Bewusstsein vorgedrungen

sind, bleiben die Zuchtfortschritte bei den Futtergräsern bescheiden.

Dabei dürften beim Getreide und beim Futtergras dieselben Faktoren für die Ertragssteigerungen ausschlaggebend sein. Die Hauptrolle spielt die so genannte Hybridzüchtung. Wieso Hybridpflanzen bedeutend besser und stärker wachsen als ihre ungekreuzten Artgenossen, wird nur ansatzweise verstanden. Die Wissenschaft spricht vom «Heterosis-Effekt».

## Gen gegen Gräser-Inzucht gefunden

Auch Bruno Studer, SNF-Förderprofessor am Institut für Agrarwissenschaften der ETH Zürich, kann nur spekulieren, worauf dieser Effekt gründet. Hybriden stammen von genetisch unterschiedlichen Eltern ab. Deshalb weisen sie ein Maximum an verschiedenen Genvarianten auf. «Das verschafft ihnen eine grosse Plastizität. So können sie sich optimal auf viele verschiedene Umweltbedingungen einstellen», vermutet er.

Mit seinem Team ist ihm kürzlich ein grosser Schritt in Richtung der Hybridzüchtung von Futtergräsern gelungen. Die Forschenden haben ein Gen gefunden, das die Selbstbefruchtung verhindert - und somit auch die Herstellung von den für die Hybridzüchtung wichtigen Inzuchtlinien. Das Gen verunmöglicht den Pollen des Grases, auf der Narbe der weiblichen Blüte derselben Pflanze einen Pollenschlauch zu bilden.

«Gezieltes Steuern natürlicher Prozesse könnte den Ertrag deutlich steigern.»

Bruno Studer

Für seine Arbeiten über die Selbstinkompatibilität wurde Studer an der diesjährigen Konferenz der deutschen Gesellschaft für Pflanzenzüchtung der Wricke-Preis verliehen. Die Entdeckung des S-Lokus genannten Gens beim Englischen Raigras (*Lolium perenne*) ist für die Futtergraszüchtung ein Meilenstein. «Erst mit diesem Wissen lassen sich Züchtungskonzepte in die Realität umsetzen, die schon vor Jahrzehnten eronnen wurden», sagt Studer.

Als ein mögliches Konzept schweben ihm genetische Marker vor, die den Züchtern Auskunft geben, welche Pflanzen sich miteinander kreuzen lassen. «Wenn wir die Pollination-Befruchtung innerhalb von Züchtungspopulationen steuern können, nutzen wir natürliche Prozesse aus, um mit dem Heterosis-Effekt den Ertrag von Futtergräsern deutlich zu steigern, ohne an genetischer Vielfalt einzubüssen.»

In der neuen Erkenntnis sieht auch Beat Reidy, Futterbau-Experte an der Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften in Zollikofen, ein grosses Potenzial. Ob sich die erhofften Fortschritte realisieren lassen, werde sich in den nächsten Jahrzehnten weisen, gibt er zu bedenken.

Ori Schipper ist Wissenschaftsredaktor in Bern.

C. Manzanares et al.: A Gene Encoding a DUF247 Domain Protein Cosegregates with the S Self-Incompatibility Locus in Perennial Ryegrass. *Molecular Biology and Evolution* (2015)



Das geht durch vier Mägen: Kühe werden sich über die saftigen Fortschritte der Futtergraszüchtung freuen. Bild: Keystone/Urs Flüeler

# Den Gehirn-Code knacken

Forschende haben eine Hasen-Netzhaut mit einem Chip verbunden. Die Verbindungen mit Tausenden Elektroden helfen zu verstehen, wie Neuronen Information verarbeiten.  
Von Martin Angler

**N**yctagmus ist eine genetisch bedingte Krankheit, die ein unkontrolliertes Hin-und-her-Zucken des Augapfels verursacht. Etwa einer von 1500 Männern leidet daran. Was bis vor kurzem unbekannt war: Die Zuckungen gehen auf einen Rechenfehler der Neuronen in der Netzhaut beim Codieren von Reizen in elektrische Signale zurück.

Wie versteht das Gehirn - zu dem auch die Netzhaut gehört -, welche Information in einem Reiz enthalten ist? Bisher bekannt ist, dass Neuronen auf Reize antworten, indem sie Salven elektrischer Signale abfeuern, die sie über Synapsen an andere Nervenzellen übertragen. Die eigentliche Reiz-Information befindet sich in der Anzahl dieser Stromstöße und in den Zeitintervallen dazwischen. Wie genau das Lesen und Schreiben dieser Codes funktioniert, darüber sind sich Neurowissenschaftler allerdings nicht einig.

## Rauschen kann nützlich sein

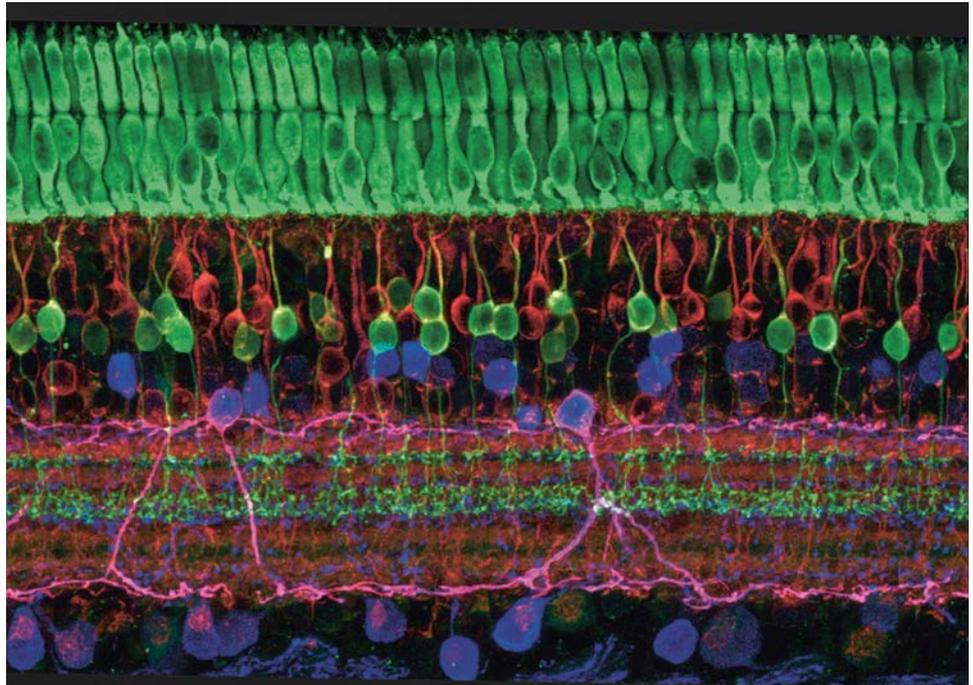
Felix Franke vom Bioengineering Laboratory der ETH Zürich ist diesem Verständnis einen Schritt näher gekommen - zumindest bei der Netzhaut. In einer kürzlich im Fachblatt *Neuron* veröffentlichten Studie hat das Team um Franke untersucht, ob es für das Gehirn nützlicher ist, auf ein ganzes Orchester von Neuronen gleichzeitig oder nur auf einzelne Nervenzellen zu «hören».

«Wir könnten epileptische Anfälle vorhersagen und das krankhafte Muster unterdrücken.»

Felipe Gerhard

Das Fazit: Hört das Gehirn auf das ganze Orchester, kann es mehr über den Auslöser lernen - etwa ein zuvor gesehenes Bild.

Im Experiment hat Frankes Team die flach ausgebreitete Retina von Kaninchen mit einem Computerchip verbunden, auf dem sich dicht gepackt 11000 Elektroden befinden. Dann bewegten die Forscher einen hellen Balken sichtbar an der Retina vorbei. Die Elektroden zeichneten die Signale direkt an den Sehzellen für die Neu-



In der menschlichen Netzhaut werden die von Fotorezeptoren (grün, oben) eingefangenen Lichtreize von Nervenzellen (bunt, unten) bereits ein erstes Mal verarbeitet. Bild: Keystone/NIH

rowissenschaftler als Daten auf. Das Problem dabei: Die Nervenzellen antworten oft unterschiedlich auf denselben Reiz, was Rückschlüsse auf den Ursprungsreiz erschwert. Franke erklärt dieses so genannte Rauschen anhand eines Würfels: «Wenn der Reiz die Zahl Drei war, liefert uns ein Neuron vielleicht eine Zwei, und daneben eine Vier. Wenn wir jetzt den Mittelwert nehmen, stimmt der Rückschluss wieder. Einzeln betrachtet wäre er falsch gewesen.» Das Orchester ist präziser als einzelne Neuronen.

Das bestätigt der Neurowissenschaftler Felipe Gerhard, der an der EPFL promoviert hat und aktuell an der Brown University in Providence forscht. Die Experimente mit der Kaninchen-Retina helfen, die Verarbeitung von Mustern im Rauschen visueller Reize besser zu erkennen. Die Erkenntnisse würden eine solide Grundlage für die zukünftige Forschung am neuronalen Code liefern.

Das zufällige Rauschen im Gehirn hindere aber manchmal die Kommunikation zwischen Neuronen, sagt Gerhard: «Die Evolution hat Wege gefunden, mit diesem Rauschen umzugehen und es sogar auszunutzen». Besonders beim kreativen Denken ist es nützlich, so Gerhard.

## Prothesen mit Tastsinn

Der Zürcher Franke glaubt, die Erkenntnisse könnten einmal therapeutisch eingesetzt werden. «Wenn wir verstehen, wie neuronale Netzwerke funktionieren, dann

können wir auch Krankheiten besser verstehen, die damit zusammenhängen.» So wie im Fall des eingangs erwähnten Nystagmus.

Franke war an einer Anfang 2016 erschienenen Studie beteiligt, die erstmals Nystagmus im Menschenauge mit einer Missbildung von Mäuseretinae in Zusammenhang bringt. Es sei der erste Fall, bei dem eine neuronale Berechnung als Faktor für eine menschliche Erkrankung erkannt worden sei, sagt Franke.

Gerhard von der Brown University sieht mögliche Anwendungen ebenfalls in der Therapeutik - zum Beispiel für gedankengesteuerte Prothesen. Die Armprothesen könnten möglicherweise sogar zurück in die Neuronen-Netzwerke des Gehirns schreiben und so den Tastsinn wiederherstellen.

Aktuell arbeitet Gerhard mit Epilepsiepatienten, deren Neuronenaktivität er während epileptischer Anfälle misst und analysiert. Auch hier spielen Muster im Rauschen eine Rolle: «Das könnte eine Vorhersage von epileptischen Anfällen erlauben. Sobald der Anfall eintritt, könnten wir versuchen, diese Neuronen aktiv zu stimulieren und damit das krankhafte Muster zu unterdrücken.»

Martin Angler ist freier Journalist in Bozen.

F. Franke et al.: Structures of Neural Correlation and How They Favor Coding. *Neuron* (2016)

Pavel Krasensky/Shutterstock



**Ungemütliche Bettgenossen:** Die Blutsauger werden immer resistenter gegen Insektizide.

### Bettwanzen enträtselt

**Z**war wurde noch nie gezeigt, dass Bettwanzen Krankheiten übertragen, aber ihre Bisse können Hautreaktionen und Ängste hervorrufen. Die lästigen Blutsauger sind gegen herkömmliche Insektizide resistent geworden und erobern seit zwei Jahrzehnten auf praktisch allen Kontinenten immer mehr Matratzen. Ein internationales Forschungsteam ist bei der erstmaligen Sequenzierung des Wanzen-genoms auf Gene gestossen, die für diese Anpassung verantwortlich sein könnten.

«Beim Vergleich der Bettwanzen-DNA mit dem riesigen Genom-Repertoire anderer Insekten fanden wir Gene, über die nur Bettwanzen verfügen. Einige davon könnten bei der Resistenzbildung gegen Insektizide eine Rolle spielen», erklärt Robert Waterhouse, Genetiker am Schweizerischen Institut für Bioinformatik in Genf. So haben die Forscher Gene beschrieben, welche die Toxizität der Insektizide neutralisieren oder die Kutikula - ihre äussere Hülle - im Vergleich zu ihren vor sechzig Jahren lebenden Vorfahren weniger durchdringlich machen.

Die Wissenschaftler haben ausserdem Bakteriengene nachgewiesen, deren Herkunft noch bestimmt werden muss. «Falls die Bakterien zur natürlichen Flora der Wanzen gehören und für ihr Überleben eine Rolle spielen, liessen sich befallene Orte mit spezifischen Antibiotika behandeln», sagt Waterhouse. Der Forscher hofft, dass die funktionelle Analyse aller dieser Gene dazu beitragen wird, die Biologie der Bettwanze besser zu verstehen und wirksame Bekämpfungsstrategien zu entwickeln: «Gegenwärtig erfolgt der Einsatz von Insektiziden noch quasi blind, ohne dass wir die genauen molekularen Mechanismen kennen.» *Aurélie Coulon*

J. B. Benoit et al.: Unique features of a global human ectoparasite identified through sequencing of the bed bug genome. *Nature Communications* (2016)

### Werden Schweine Organspender?

**S**chweine könnten den Mangel an Spenderorganen beheben. Nur stösst das menschliche Immunsystem fremde Organe ab. Eine Forschungsgruppe am Universitätsspital Genf ist dem Ziel der so genannten Xenotransplantation nun möglicherweise einen Schritt näher gekommen.

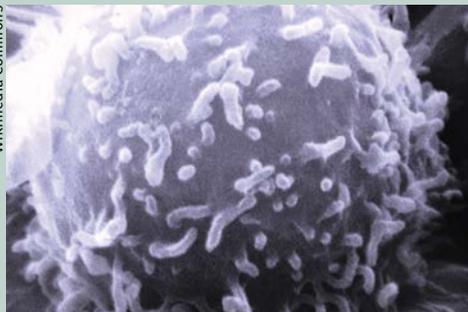
Wie Transplantationsversuche mit Affen gezeigt hatten, kann mit Organen gentechnisch veränderter Schweine teilweise vermieden werden, dass ein Immunsystem die Organe als fremd betrachtet. Bekannt war auch, dass menschliche Immunzellen (Treg-Zellen) - sie schützen den Körper vor dem eigenen Immunsystem - die Abwehrreaktion gegen Transplantate dämpfen können. Forschende um Jörg Seebach gelang es, Treg-Zellen in Zellkulturen mit Signalstoffen aus dem Schweinegewebe anzulocken.

Der Haken ist nur, dass sich auch andere menschliche Immunzellen von diesen Signalstoffen aus dem Schweinegewebe angezogen fühlen könnten. «Es wäre aber möglich, Treg-Zellen im Labor zu vermehren und Organempfängern zu verabreichen», sagt Seebach: «Eine weitere Möglichkeit, die wir untersuchen, wäre, in den Schweineorganen transgen menschliche Signalstoffe herzustellen, die bevorzugt Treg-Zellen anziehen.» Damit hofft Seebach, die Abwehrreaktion zu verhindern. In jedem Fall müsse das Verfahren zuerst in Tierversuchen getestet werden.

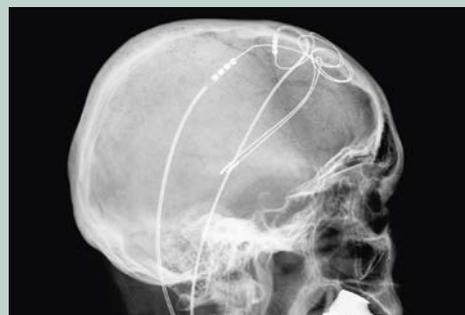
Dan Salomon, Immunologe am Scripps Research Institute in La Jolla, meldet jedoch Zweifel an: «Dass die Verträglichkeit von Xenotransplantationen durch die Aktivierung und Verabreichung von Treg-Zellen so funktioniert, ist meiner Meinung nach höchst unwahrscheinlich.» *Stéphane Hess*

D. Ehrlich et al.: Chemoattractant Signals and Adhesion Molecules Promoting Human Regulatory T Cell Recruitment to Porcine Endothelium. *Transplantation* (2016)

Wikimedia Commons



**Immunzellen könnten Spenderorgane vor dem Rest des Immunsystems schützen.**



Wikipedia Commons/Hellerhoff

**Elektroden stimulieren tief liegende Hirnregionen und lindern so die Krankheitssymptome.**

### Hirnschrittmacher gegen Depressionen

**D**ie so genannte tiefe Hirnstimulation wird seit Jahren erfolgreich bei Krankheiten wie Parkinson eingesetzt. Dabei werden zwei Elektroden in das Gehirn eingepflanzt. Diese feuern 150 Drei-Millivolt-Stromimpulse pro Sekunde ab. Mit der Behandlung können Patienten bis zu 70 Prozent ihrer Medikamente einsparen und die negativen Folgen der Krankheit weitgehend kompensieren. Nun haben Forschende der Universitäten Lausanne und Berlin das Verfahren zum ersten Mal bei fünf Patienten gegen ihre starke Depression getestet. Bei einer Person trat eine markante Besserung ein.

Der Neurologe Bogdan Draganski, Forscher am Universitätsspital Lausanne, und ein Team aus Neurochirurgen haben den Patienten die Elektroden in eine Region namens «Subgenuales Grau» eingesetzt. Die im Frontallappen liegende Region ist bekannt für ihre Verbindung mit Depressionen. Der zuständige Neurochirurg hatte jedoch bei einer Patientin aus Versehen die Elektroden etwas zu tief gelegt, wodurch diese in den «Gyrus rectus» zu liegen kamen, über den noch wenig bekannt ist.

Die dramatische Verbesserung der Symptome trat ausgerechnet bei dieser Patientin ein. «Nach dem Eingriff hatte sie ein Gefühl der Leichtigkeit», sagt Draganski. Die Operation war ein letzter verzweifelter Schritt nach vielen erfolglosen Therapien. Das Resultat zeigt, dass in Zukunft der «Gyrus rectus» als Ziel für die tiefe Hirnstimulation in Frage kommen könnte. «Unsere Arbeit ist eine Zufallsentdeckung. Jetzt müssen wir weitere Versuche machen, um dieses Resultat zu bestätigen», sagt Draganski. *Atlant Bieri*

E. A. Accolla et al.: Deep brain stimulation of the posterior gyrus rectus region for treatment resistant depression. *Journal of Affective Disorders* (2016).

# Drohnen-Software, Swiss made

Das Betriebssystem Px4 hat sich bei Drohnen mit Open-Source-Software als Standard durchgesetzt. Nächster Schritt: die Integration des Sehens.

Text: Daniel Saraga

Infografik: ikonaut



## Das Gehirn

Die an der ETH Zürich entwickelte Open-Source-Plattform Px4 arbeitet wie ein Betriebssystem für Smartphones. Sie steuert die Propeller, empfängt die Daten der Sensoren und lässt sich durch Module erweitern. Ein Autopilot-Modul bringt die Drohne zum Zielort oder lässt sie stabil an Ort und Stelle schweben.

## Die Glieder

Es lassen sich Apps – Software von Dritten mit spezifischen Funktionen – hinzufügen. Eine in Lettland entwickelte «Follow me»-App lässt die Drohne in einem festgelegten Abstand zum GPS-Empfänger fliegen, der vom Anwender getragen wird. Dieser Service wurde im letzten Winter in Schweizer Skigebieten angeboten. Andere Forscher setzten Px4 bereits für Ball spielende Drohnen oder vertikal landende Flugzeuge ein.

## Die Ohren

Eine Drohne nutzt verschiedene Instrumente, um Position und Richtung zu berechnen. Das GPS empfängt Signale von Satelliten – es ist zuverlässig, aber weder besonders präzise noch schnell. Inertialsensoren messen die seit dem Start akkumulierten Bewegungen. Laser- oder Ultraschall-Höhenmesser bestimmen die Höhe. In Innenräumen installierte Infrarotkameras errechnen die Position von Markierungen auf der Drohne durch Triangulation.

## Die Augen

Maschinelles Sehen kommt bei kommerziellen Drohnen noch kaum zum Einsatz. Flugroboter aus ETH-Labors waren die ersten, die nur mit Onboard-Kameras flogen. Sie können Form und Grösse eines Objekts rekonstruieren. «Durch das Sehen kann die Drohne Hindernisse erkennen und ausweichen. Das ist für die Sicherheit wichtig», sagt Lorenz Meier, Autor des Px4-Betriebssystems. «2016 werden wir maschinelles Sehen als Standard in Px4-Drohnen integrieren.» Der Doktorand hat auch Pixhawk entwickelt, eine Px4-basierte Autopilot-Hardware.



# Sprachen sind natürliche Ressourcen

Von Martin Vetterli

Sprachen sind nützlich, wenn es darum geht, sich zu verständigen. Doch sie sind weit mehr als das. Sprachen, insbesondere Fremdsprachen, dienen auch als Archiv wertvoller Informationen. Dies war zum Beispiel im Mittelalter der Fall, wo der grösste Teil der antiken, griechischen Texte unlesbar wurde und aus der fortgeschrittenen, arabischen Wissenschaftswelt wieder

ins Latein übersetzt werden musste.

Sprachen erweitern aber auch unser Denken, da gewisse Konzepte nicht in allen Sprachen vorkommen und nur durch diese verstanden werden können. Ein schönes Beispiel ist das Wort Weltanschauung, das auch im Englischen auf Deutsch geschrieben wird. Auch physische Dinge

existieren in unserer Wahrnehmung oft erst, wenn sie ein eigenes Wort in unserer Sprache erhalten. Ich denke zum Beispiel an die vielen Vogelarten, welche die europäischen Naturforscher im 18. Jahrhundert in Amerika entdeckten und benamsten (die Vögel existierten natürlich auch vor der Namensgebung und erhielten von den lokalen Völkern ebenfalls Namen).

Von den Neurowissenschaften wissen wir, dass Muttersprachen und Fremdsprachen nicht in denselben Regionen des Hirns verarbeitet werden. Eine Sprache früh zu lernen ist nicht dasselbe für unser Hirn, wie sich diese Sprache später im Leben anzueignen. Keine Überraschung also, dass Kinder, die zweisprachig aufwachsen, fremde Konzepte, Dinge und sogar Menschen scheinbar einfacher «verstehen».

Die Schweiz besteht aus vier offiziellen Landessprachen. Hinzu kommen viele weitere gesprochene Sprachen, zum Beispiel Englisch, Serbokroatisch oder Portugiesisch. Das Land hat eine lange Tradition und einen subtilen Umgang gefunden, um mit all diesen Sprachen umzugehen, bis rauf in die Bundespolitik, wo jeder Politiker seine eigene Sprache spricht. Diese weltoffene Sprachenpolitik hat übrigens zu vielen, weltweit geschätzten Diplomaten geführt. Sprachen sind in unserem Land eine Art natürliche Ressource. Was andere Länder mühselig versuchen, eine Regenbogennation zu werden, ist bei uns eine gelebte Realität.

Ich bin fest der Überzeugung, dass die Schweiz diesen einzigartigen Ausgangspunkt als Chance nutzen sollte. Klar, es ist nicht aller Ding, mehrere Sprachen zu erwerben. Zudem dominiert das Englische in der Wissenschaft immer mehr. Doch die Möglichkeit, mehrere Sprachen zu lernen, besteht in unserem Land, und wir sollten sie fördern, via interkantonale (und später internationale) Austauschprogramme und die aktive Nutzung der vorhandenen Immigrationsprachen. Die Schweiz sollte sich öffnen, denn mit ihrem Sprachenreichtum ist sie bestens dafür vorbereitet, der vielfältigen Sprachen- und Gedankenwelt zu begegnen und uns dadurch mit neuen Theorien, Innovationen und technologischen Fortschritten zu überraschen. Mit andern Worten: Die Sprachenvielfalt gehört zu unserer nationalen DNA, und wie in der Biologie führt dieser Reichtum an Ideen für unser Land langfristig auch zu einer höheren Widerstandsfähigkeit – oder, um ein präziseres Fremdwort zu benutzen, resilience.

Martin Vetterli ist Präsident des Nationalen Forschungsrats und Computerwissenschaftler an der EPFL.



Nik Hunger

## Leserbriefe

### Internationale Ethik

Der Untertitel «Freiheiten ohne ethische Bedenken» des Artikels über China mit dem Titel «Der Staat holt seine Talente nach Hause» (Horizonte März 2016, S. 20) stimmt mich nachdenklich. Gibt es Empfehlungen für die Zusammenarbeit von Forschenden, die vom SNF unterstützt werden, mit China? Wie wird sichergestellt, dass vom SNF ausgezahlte Mittel keine Forschung unterstützen, die in der Schweiz nicht bewilligt würde?

Marcel Gyger, Präsident der Tierversuchskommission des Kantons Waadt

*Antwort des SNF: Alle Forschungsprojekte, die vom SNF unterstützt werden, müssen die in der Schweiz geltenden ethischen Anforderungen erfüllen. Das gilt auch, wenn ein Teil der Experimente im Ausland durchgeführt wird. Die Forschenden müssen bei der zuständigen Stelle in der Schweiz – Ethikkommission oder Tierversuchskommission – eine Bestätigung einholen, dass die vorgesehenen Experimente in Einklang mit der Schweizer Gesetzgebung stehen.*

### Zweifel an Aussagen zu Glyphosat

Ich habe die Stellungnahme von Jose Tarazona von der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) zur Toxizität von Glyphosat gelesen (Horizonte März 2016, S. 9). Sie ist nicht

18. bis 19. Juni 2016

### Algen, Fische und die Physik des Sees

Das Kompetenzzentrum für Ökologie, Evolution und Biogeochemie blickt auf 100 Jahre Seenforschung zurück  
[EAWAG Kastanienbaum, Luzern](#)

27. bis 29. Juni 2016

### Personalisierte Medizin

Am Latsis-Symposium werden Chancen und Herausforderungen der personalisierten Medizin diskutiert  
[ETH Zürich](#)

1. bis 2. Juli 2016

### Digitales Kulturerbe wird sichtbar

Am zweiten Swiss Open Cultural Hackathon entwickeln die Teilnehmer Ideen zur Präsentation digitaler Kulturdaten  
[Universitätsbibliothek Basel](#)

Bis 14. August 2016

### In den Untiefen des Meeres

Die Ausstellung holt das nächtliche Leben im Meer an die Oberfläche  
[Naturhistorisches Museum Neuenburg](#)

Bis 11. September 2016

### Die erste Tierenzyklopädie

Zum 500. Geburtstag des Universalgelehrten Conrad Gessner widmet sich die Ausstellung «Tiere von A bis Z» dessen Tierbüchern  
[Zoologisches Museum, Universität Zürich](#)

22. bis 23. September 2016

### ScienceComm 2016

Die Schweizer Wissenschaftskommunikatoren reflektieren ihr Verhältnis zu Politik und Digitalisierung  
[Yverdon-les-Bains](#)

glaubwürdig und hinterlässt ernsthafte Zweifel an der Arbeit der EFSA. Wie bei Raucherwaren und Dieselabgasen ist auch hier festzustellen, dass gewisse Wissenschaftler aus mangelnder Neugierde und mit unglaublicher Selbstverständlichkeit die Interessen der grossen Verschmutzer unseres Planeten schützen.

Jean-Pierre Papis, Genf

## Martin Vetterli tritt zurück

Martin Vetterli, Präsident des Nationalen Forschungsrats des SNF, tritt nach Ablauf der vierjährigen Amtszeit Ende 2016 zurück, um das Präsidium der EPFL zu übernehmen. Vetterlis Nachfolge wird durch eine Nominationskommission unter der Leitung von Gabriele Gendotti geregelt.

## Anglistin erhält Marie-Heim-Vögtlin-Preis

SNF/Mauro Mellone



Die Literaturwissenschaftlerin Zoë Lehmann Imfeld erhält für ihre herausragende Dissertation den diesjährigen Marie-Heim-Vögtlin-Preis. Lehmann Imfeld ist Post-Doktorandin an der Universität Bern und hat sich mit ihrer interdisziplinären Arbeit in den Bereichen englische Literatur, Theologie und Philosophie profiliert. Ihre wissenschaftliche Tätigkeit hatte sie familiären Gründen zeitweise reduziert. Der Preis wird am 21. Juni 2016 übergeben.

## Bedenken wegen Sparmassnahmen des Bundes

Die Hochschulen und Forschungsinstitutionen – darunter der SNF – sind beunruhigt über die angekündigten Sparmassnahmen in der Botschaft zur Förderung von Bildung, Forschung und Innovation (BFI) 2017-2020. Der Bundesrat hält an den Schlüsselprojekten fest, kündigt jedoch gleichzeitig einen starken Rückgang der Finanzen für den BFI-Bereich an. In einer gemeinsamen Stellungnahme haben die Institutionen darum ihre Befürchtung geäußert, dass diese Budgetreduktionen die Spitzenposition der Schweiz im BFI-Bereich gefährden könnte.

## Karriere machen nur wenige Wissenschaftlerinnen

Obwohl an den Schweizer Universitäten mehr Frauen studieren als Männer, überschreitet bei den Professuren der Frauenanteil nur knapp 20 Prozent. Die Akademien der Schweiz haben die Ursachen untersucht. Sie fassen diese im Bericht zur «Einschätzung der Karrieresituation von Nachwuchswissenschaftlerinnen in der Schweiz» zusammen. Der Bericht gibt konkrete Empfehlungen, wie gendergerechte

akademische Karrierewege gestaltet werden sollten, zum Beispiel durch gemischte Teams, transparente Berufungsverfahren und flexible Arbeitszeitmodelle.

## Neues NFP «Nachhaltige Wirtschaft» genehmigt

Der SNF hat vom Bundesrat den Auftrag erhalten, das Nationale Forschungsprogramm «Nachhaltige Wirtschaft: ressourcenschonend, zukunftsfähig, innovativ» (NFP 73) durchzuführen. Dieses soll zu einer nachhaltigeren Wirtschaft mit effizienterem Ressourceneinsatz und grösserer Ressourcensicherheit beitragen. Die Forschungsdauer beträgt fünf Jahre, das Budget beläuft sich auf 20 Millionen Franken. Die Ausschreibung für die Projektskizzen beginnt im Juni 2016.

## Energiewende macht gesund

Die Energiewende ist nicht nur gut für die Umwelt, sondern kann auch die Gesundheit fördern. Das schreiben die Akademien der Wissenschaften Schweiz im neuen Factsheet «Energiewende und Gesundheit». So gibt es etwa weniger Luftschadstoffe aus Verkehr und Heizung. Umgekehrt birgt die Energiewende auch Gesundheitsrisiken. Durch Holzfeuerungen kann viel Feinstaub in die Luft gelangen. Bei der Umsetzung der Energiewende müsse die Gesundheit deshalb stets berücksichtigt werden, hält der Bericht fest.

Valérie Chételet



## Bulgarien und Rumänien: 39 Projekte abgeschlossen

Forschung über Krebs, Solarzellen, Flussverschmutzung und interethnische Beziehungen: Mehr als 14 Millionen Franken wurden im Rahmen des Erweiterungsbeitrags für die neuen EU-Mitgliedsländer von der DEZA und vom Seco ausgeschüttet. Die Projekte wurden gemeinsam von schweizerischen, bulgarischen und rumänischen Gruppen zwischen 2012 und 2016 durchgeführt.

### Horizonte

Das Schweizer Forschungsmagazin erscheint viermal jährlich auf Deutsch und Französisch. 28. Jahrgang, Nr. 109, Juni 2016  
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)

### Gestaltung und Bildredaktion

2. stock süd netthoovel & gaberthüel,  
Valérie Chételet  
Illustration Editorial: Gregory Gilbert-Lodge

### Übersetzung

Weber Übersetzungen, Jessica Schmid

### 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, 15 600 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

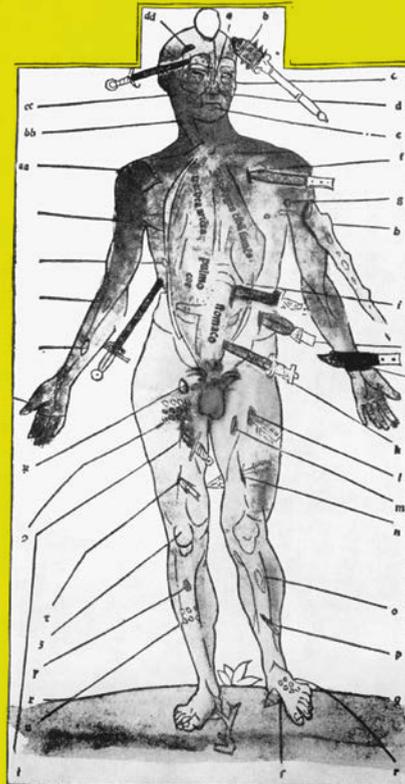
Die Akademien der Wissenschaften Schweiz setzen sich im Auftrag des Bundes für einen gleichberechtigten Dialog zwischen Wissenschaft und Gesellschaft ein. Sie vertreten die Wissenschaften institutionen- und fachübergreifend. In der wissenschaftlichen Gemeinschaft verankert, haben sie Zugang zur Expertise von rund 100 000 Forschenden.

«Ich glaube,  
ich bin einfach effizient.»

Sabine Huebner Seite 32

## HOW TO KILL PEOPLE

A PROBLEM OF DESIGN



«Der Tunnel ist kein Ort  
zum Rumalbern.»

Peter Guntli Seite 38

Das Dual-Use-Problem  
der Designer: Auch ein  
für den Alltag oder  
die Küche entworfener  
Gegenstand kann töten.

Bild: Vitra Design Museum

«Es geht um weit mehr als Morphinum  
und Händchenhalten.»

Gian Domenico Borasio Seite 44