



Horizonte

Der Zufall, ein Prinzip? 6

Die senile Bettflucht steckt im Blut 22

Schulhochburg Schweiz 26

Das Higgs-Boson ist entdeckt – was nun? 30

Mehr feste Stellen an den Universitäten?

Ein 26-jähriger Biologe hat an der Universität Basel kürzlich eine Masterarbeit verfasst, in der er auf neue Weise das durchschnittliche Ankunftsdatum der Zugvögel im Frühjahr schätzt. Mit seinem statistischen Modell wird man auch zuverlässiger ausrechnen können, wie sich das Erscheinen der ersten Frühjahrsblüten oder der ersten Schmetterlinge im Zuge des Klimawandels ändert. Der junge Mann hat das Potenzial, um als Doktorand und später als Postdoc an einer schweizerischen Universität in Forschung

und Lehre neue Wege zu gehen.

Aber er will es nicht tun. Er hat dafür gute Gründe: Er fand schnell eine feste Stelle in einem der bekanntesten Schweizer Ökobüros. Er hätte diese Stelle wahrscheinlich nicht mehr bekommen, wenn er die Universität als hoch spezialisierter Wissenschaftler im Alter von 45 Jahren mangels Festanstellung verlassen hätte. Tatsächlich gibt es an den schweizerischen



Universitäten viele Postdocs und befristet angestellte Nachwuchsforscher – und nur wenig feste Stellen.

Wie kann man bei dieser Ausgangslage eine Hochschulkarriere für junge Talente attraktiver machen, so dass die Schweiz weniger auf den akademischen Zustrom aus dem Ausland angewiesen ist? Sechs junge Forschende haben dazu Vorschläge erarbeitet. Ihre wichtigste Forderung: Wir bräuchten deutlich mehr feste Stellen an den Universitäten. Der Präsident der Rektorenkonferenz der Schweizer Universitäten hingegen meint, die Gruppe vermittele ein antiquiertes Bild der Universitäten; er plädiert für mehr befristete Stellen.

Auf den Seiten 34 und 35 finden Sie die Argumente der Kontrahenten. Bald wird das Parlament über die Streitfrage befinden: Der Ständerat hat beschlossen, die Vorschläge der Initiativgruppe prüfen zu lassen. Eine Anhörung im Nationalrat ist bereits geplant.

Valentin Amrhein
Redaktion «Horizonte»



Rahel Nicole Eisenring



Steve Prezant/Corbis/Specter



Johannes Kölla, école de village, Kunsthaus Zürich



Peter Ginter/Fermitlab



schwerpunkt zufall

6 Kopf oder Zahl?

Manche Wissenschaften möchten den Zufall ausschalten, andere setzen auf ihn, weil er die Vorhersagbarkeit durchkreuzt. Drei Streifzüge in die Biologie, die Physik und die Philosophie.

biologie und medizin

22 Die Launen der inneren Uhr

Im Morgengrauen aus den Federn?
Die senile Bettflucht steckt uns im Blut.

24 Giftiger Cocktail

Pilze bekämpfen sich mit chemischen Waffen, die der Mensch nutzen könnte.

25 Wenn Viren Parasiten helfen

Zur Kooperation gezwungen
Hormonelle Geschlechterdifferenzen

gesellschaft und kultur

26 Schulhochburg Schweiz

Überraschend: In der Schweiz besuchten um 1800 fast alle Kinder die Schule.

28 Das Ende der Segmentierung

Die europäischen Staaten fusionieren ihre Wohlfahrtsregime.

29 Flexibel mit dem Beethoven-Bogen

Eiweisshaltige Pflanzen statt Milchpulver
Theater in der Stadt

technologie und natur

30 Drei Säulen für die Teilchenphysik

Das Higgs-Boson ist nachgewiesen – wie weiter mit der Physik?

32 Lichtpunkte als Orientierungshilfe

Wie GPS-Systeme in Innenräumen funktionieren könnten.

33 Langsame Klimaabkühlung

Ein Drucker für Nanostrukturen
Mit Scherkraft gegen Arteriosklerose

wissen und welt

34 Tausend neue Assistenzprofessuren

Muss die Schweiz die universitäre Hierarchie umbauen?

36 Wider die Kraut- und Knollenfäule

Was gentechnologisch veränderte Pflanzen den Bauern bieten könnten.

37 Solarpanel statt Wiese?

Die Energiewende wird die Landschaft stark verändern.

4 im bild

Die Ruinaulta – das Ergebnis eines gigantischen Bergsturzes

5 nachgefragt

Führen Pränataltests zu mehr Abtreibungen, Frau Krones?

16 konferenz

Peer-Review-Verfahren verlaufen anonym. Ist das gut oder doch nicht?

18 porträt

Jacques Fellay, Mediziner und Latsis-Preisträger

20 vor ort

Ein Kunsthistoriker spürt in Rom einem universell gebildeten Dominikanermönch nach.

38 cartoon

Ruedi Widmer

39 snf und akademien direkt

Gesellschaftsvertrag für die Energiewende

40 im gespräch

Wir müssen die Gebrechlichkeit besser verstehen, sagt die Präventivmedizinerin Brigitte Santos-Eggimann.

42 wie funktioniert?

Schnee aus der Kanone

43 für sie entdeckt

Wissenschaft ist Wahrheitsliebe – «The Insider»

Präparierter Bergsturz

Niemand weiss, wann genau es geschah, wie es aussah und ob überhaupt jemand das Ereignis beobachtete. Alles, was wir heute davon wahrnehmen, ist die Kerbe durch einen riesigen Schuttkegel, durch die sich der Vorderrhein schlängelt: die Ruinaulta. Vor etwa 9500 Jahren lösten sich oberhalb des Dorfs Flims um die zehn Kubikkilometer Kalksteinmasse und donnerten in ein 1,5 Kilometer breites Tal hinunter, von dem nichts mehr übrig blieb. 500 Meter hoch stapelte sich das zerriebene Geröll, der Rhein staute sich zu einem See. Niemals wieder hat es in den Alpen einen solchen Bergsturz gegeben.

Ein Forschungsprojekt der Hochschule der Künste Bern macht nun dieses gewaltige, nirgends ausser von der Landschaft selbst festgehaltene Ereignis künstlerisch wahrnehmbar. «Präparat Bergsturz» nennen Florian Dombois, Priska Gisler, Schirin Kretschmann und Markus Schwander ihr Vorhaben. Das Bild, Kretschmanns Arbeit «Faltung I», zeigt die Fotokopie eines gefalteten Kartenausschnitts der Bergsturzgegend. Oben, oberhalb von Flims, ist der Crap Sogn Gion zu erkennen. Die Faltung der Karte steht für den Bergsturz, für die topografische Veränderung der Landschaft. Der Kopiervorgang bringt die dreidimensionale Begebenheit in die Fläche und schafft so das Original eines Präparats, das die unsichtbare Bewegung nachvollziehbar macht.

Martin Bieri ■

Bild: Schirin Kretschmann



Renate Wernli

«Eltern nicht alleinlassen»

Die Zulassung eines neuartigen Pränataltests für Trisomie 21 sorgt für Kontroversen. Kein Grund zur Aufregung, findet die Medizinerin Tanja Krones.

Frau Krones, überblicksmässig: Wie viele pränatale Gentests, mit denen sich eine schwere Behinderung des Kinds nachweisen lässt, sind in der Schweiz auf dem Markt?

Der Pränataltest für die Erkennung von Trisomie 21 ist zurzeit der einzige derartige Test für Chromosomfehlverteilungen, für den mütterliches Blut genügt. Darüber hinaus gibt es weitere, allerdings nur selten benutzte Tests, die in Fruchtwasser- oder Mutterkuchenzellen vererbbar, von einem Gendefekt verursachte Erkrankungen aufspüren können.

Prinzipiell kann man das Genprofil des ungeborenen Kindes auf ganz verschiedene Kriterien hin abtasten. Welche Tests sind aus ethischer Sicht fragwürdig?

Grundsätzlich muss man unterscheiden zwischen Krankheiten und Eigenschaften. Es gibt einen breiten gesellschaftlichen Konsens, dass Tests, mit denen sich beispielsweise das Geschlecht oder die Augenfarbe bestimmen lassen, fragwürdig sind. Eine zweite Grenze betont das Recht des Kindes, selber zu entscheiden, ob es über ein Krankheitswissen verfügen will oder nicht. Wenn man auf Krankheiten

testet, die nicht vor dem 18. Lebensjahr manifest werden, zwingt man diesem Menschen ein Wissen auf, das er unter Umständen gar nicht hätte haben wollen. In Deutschland sind solche Tests ganz verboten, in der Schweiz ist die Formulierung unschärfer.

«Es ist selten, dass ein Gentest eine Abtreibung zur Folge hat.»

Das heisst, der Spielraum für weitere Testangebote ist gross, die Palette wird sich verbreitern. Die Befürchtung: Es wird zu mehr Abtreibungen kommen.

Nein, das dürfte nicht der Fall sein. Es ist selten, dass ein Gentest eine Abtreibung zur Folge hat – bei vielen betroffenen Embryos kommt es schon vorher zu einer spontanen Fehlgeburt. Und manche Kinder werden gerade geboren, weil es diese Tests gibt, und zwar in Familien mit genetischem Risiko, die sich eher Richtung Schwangerschaftsabbruch entscheiden, wenn sie sich keine Klarheit über

die krankheitsverursachende Veranlagung verschaffen können. Überdies: Pränataldiagnostik gibt es ja nun schon seit 40 Jahren, und man hat in Studien festgestellt, dass die Toleranz Menschen mit Behinderungen gegenüber nicht gesunken ist.

Welche Rolle spielt die Lebensqualität der Eltern?

Die Behinderung eines Kindes kann für Eltern und Geschwister einen massiven Eingriff in die Lebensqualität bedeuten. Deshalb muss es ein Recht der Eltern auf Wissen geben – auch das muss der Gesetzgeber respektieren.

Ein Recht oder eher eine Pflicht auf Wissen? werdende Eltern dürften unter Druck geraten, immer besser informierte Entscheidungen zu treffen – zumal über das Internet viele Angebote im juristischen Graubereich zugänglich sein werden. Wie ist damit umzugehen?

Generelle Verbote solcher Tests sind wohl kaum praktikabel. Viel wichtiger muss es sein, für ärztliche Begleitung zu sorgen, damit die Eltern mit den Erkenntnissen und Unwägbarkeiten der Tests nicht alleingelassen werden. Sie müssen gemeinsam herausfinden können, was denn eigentlich relevantes Wissen ist. Leider scheint gerade diese beratende, intensive Gespräche umfassende Medizin heute immer weniger finanzierbar zu sein – da liegt meines Erachtens das grösste Problem. **Interview Roland Fischer** ■

Tanja Krones ist leitende Ärztin für klinische Ethik am Universitätsspital Zürich. Sie hat Medizin, Soziologie, Psychologie und Politologie studiert und beschäftigt sich speziell mit ethischen Aspekten von Pränataldiagnostik, Reproduktionsmedizin und evidenzbasierter Medizin.



Kopf oder Zahl?

Die Wissenschaften und der Zufall – ein schillerndes Verhältnis. Er hat bei mancher Entdeckung die Hand im Spiel. Einige Wissenschaften möchten ihn ausschalten, weil er die Berechenbarkeit stört, andere setzen auf ihn, weil er just die Vorhersagbarkeit durchkreuzt. – Drei Streifzüge in die Biologie, die Physik und die Philosophie.

Illustrationen von Rahel Nicole Eisenring





Der Zufall weicht der Notwendigkeit

Wieso verhalten sich genetisch identische Zellen nicht immer gleich? Zufälliges Rauschen, lautete die Antwort vor zehn Jahren. Heute sagt die Forschung: Ein grosser Teil dieser Zufälligkeit lässt sich erklären. *Von Ori Schipper*

Es grenzt an ein Wunder, wie viele aufeinander abgestimmte Vorgänge sich in einer Zelle gleichzeitig abspielen. An der Zellmembran hieven beispielsweise Eiweisse Zucker oder andere energiereiche Moleküle an Bord, die andernorts in der Zelle biochemisch zersetzt werden. Die dabei freiwerdende Energie führt die Zelle dem Aufbau von Zellbestandteilen oder dem Kopiergang des Erbguts zu.

Und doch weisen diese molekularen Prozesse eine erstaunlich grosse Unschärfe auf, wie ein vor zehn Jahren in der Zeitschrift «Science» erschienener Beitrag gezeigt und damit in der Fachwelt für Furore gesorgt hat. Mit gentechnischen Methoden haben Forschende um Michael Elowitz von der Rockefeller-Universität in New York Darmbakterien mit zwei verschiedenen Farbversionen eines leuchtenden Eiweisses versehen, das von einer Qualle im pazifischen Ozean stammt.

Unerwartete Farbenpracht

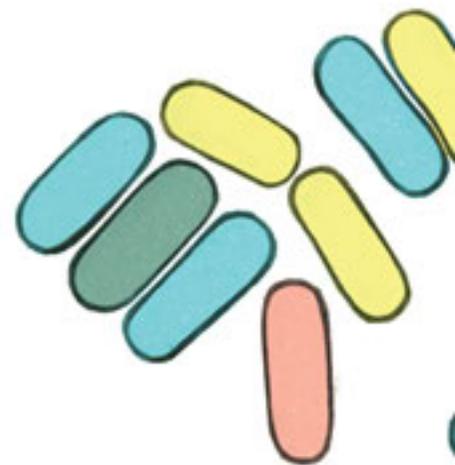
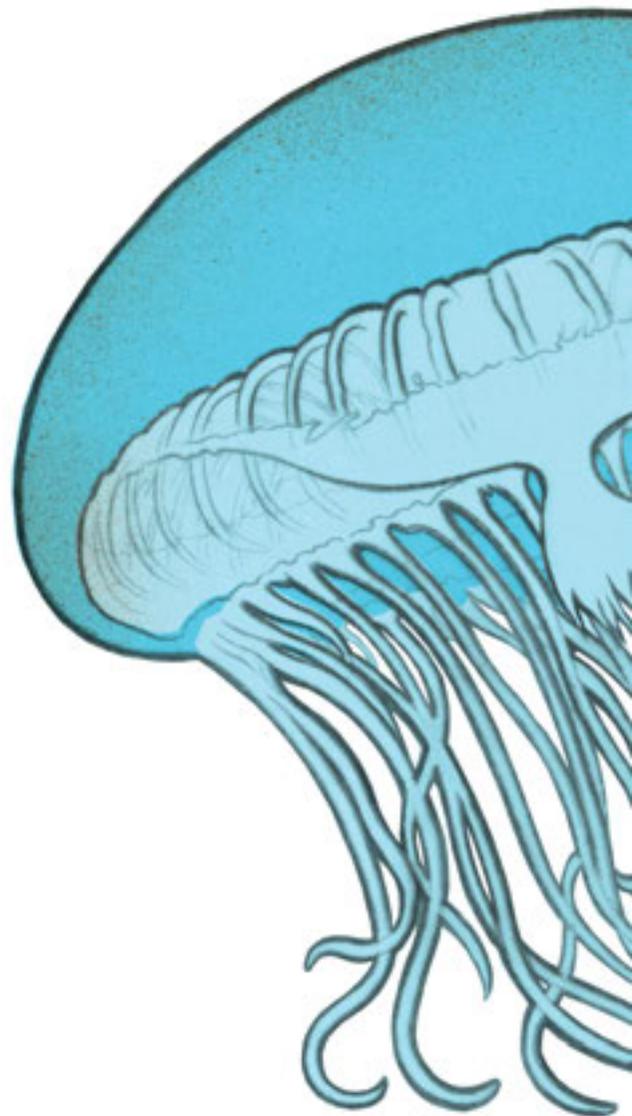
Einzel fluoreszieren die Eiweisse je nach Version grün oder rot, zusammen jedoch leuchten sie gelb. Für ihren Versuch haben die Forschenden die Gene für beide Farbversionen – grün und rot – der Kontrolle der identischen genetischen Sequenz zugewiesen. Ihre Hypothese: Wenn die Zellmaschinerie die Kontrollsequenz fehlerlos erkennen und ausführen würde, sollten die beiden Gene die gleiche Aktivität aufweisen und gemeinsam für gelb leuchtende Bakterien sorgen. Doch das war nur bei etwa 60 Prozent aller Zellen der Fall. Die anderen 40 Prozent der Bakterien leuchteten grün oder rot und produzierten also von einer Farbversion

des leuchtenden Eiweisses mehr als von der anderen. Die unerwartete Farbenpracht der Darmbakterien führten Elowitz und Kollegen auf «noise» zurück, auf den Lärm oder das Rauschen der molekularen Maschinerie, auf stochastische, also zufällige Prozesse, die manchmal in die Herstellung eines Eiweisses münden, andere Male jedoch nicht. «Das intrinsische Rauschen stellt eine grundlegende Grenze dafür dar, wie präzise Gene reguliert werden können», hielten die Forschenden in ihrem Artikel fest.

Doch könnte es sein, dass dieses Rauschen zwar wegen einer fehlerhaften Maschinerie zustande kommt, dass es aber gleichzeitig eine biologische Funktion erfüllt? Dass sich die stochastischen Prozesse nicht sinnlos abspielen, sondern dass der Zufall einem höheren Zweck dient? Dies ist die Leitfrage, welcher das

Die Prinzipien der Evolution

Vielleicht liegt die Eleganz von Charles Darwins Evolutionstheorie darin, dass sie nicht nur die gemeinsame Abstammung aller Lebensformen schlüssig erklärt, sondern auch zwei auf den ersten Blick unvereinbare Prinzipien miteinander vereinigt: Zufall und Notwendigkeit bilden zusammen die Rahmenbedingungen, denen die Entwicklung des Lebens unterworfen ist. Da sind einerseits die Veränderungen des Erbguts, die zufällig entstehen und sich etwa aufgrund von unvorhersehbaren Kopierfehlern ergeben. Andererseits sorgt die natürliche Selektion als notwendiges Prinzip dafür, dass sich in dieser durch Zufall entstandenen Vielfalt im Laufe der Zeit nur diejenigen Varianten durchsetzen, die ihren Trägern eine bessere Anpassung an ihre Umwelt erlauben.





Team um Martin Ackermann von der ETH Zürich und der Eawag nachgeht. Dabei weisen sie dem Zufall eine komplexere Rolle zu, als Darwin dies für seine Evolutionslehre getan hat (siehe Kasten).

Wenig Entfaltungsraum

Bei Letzterer geht es um ein additives Zusammenwirken von zufälligen Mutationen und natürlicher Selektion – darum, dass der Zufall als Vater der Vielfalt wirkt, die aufgrund der Notwendigkeit, in der natürlichen Selektion zu bestehen, immer wieder zusammenschrumpft. In Ackermanns Gedankenwelt jedoch durchweben und durchmengen sich die beiden ungleichen Prinzipien: «Wir haben Hinweise gefunden, dass die natürliche Selektion das Ausmass der Vielfalt formt», sagt Ackermann. Der Zufall wirkt also nicht in jeder Situation gleich stark. In gewissen Bereichen lässt die Selektion dem Zufall nur wenig Entfaltungsraum, in anderen hingegen bedient sie sich seiner und der durch ihn resultierenden Vielfalt.

Zusammen mit einer Forschungsgruppe aus Israel hat Ackermanns Team bei über 1500 verschiedenen Genen des Darmbakteriums *Escherichia coli* untersucht, wie viel Rauschen die jeweilige genetische Kontrollsequenz zulässt. Bei vielen so genannten essentiellen Genen, ohne die das Bakterium nicht leben kann, war das Rauschen nur minimal. Als viel stör anfälliger erwies sich die Regulation der Gene, die etwa bei Anpassungen an Umweltveränderungen – bei Bakterienstress – zum Einsatz kommen. Aus Sicht der Bakterien sei dies sinnvoll, sagt Ackermann. Denn Bakterien wachsen in Kolonien. Diese profitieren von einer Art Arbeitsteilung: Optimal wächst eine Kolonie, wenn die meisten Zellen ihre Energie ins Wachstum investieren, einige Zellen jedoch im vegetativen Zustand verharren, in dem sie zwar nur beschränkt wachsen und sich vermehren, dafür aber ungünstigen Perioden eher widerstehen können. Ohne solche Wächterzellen würde die Kolonie in guten Zeiten zwar etwas schneller wachsen, in schlechten Zeiten riskiert sie aber, auf einen Schlag ausgelöscht zu werden, wenn etwa keine



der Schwesterzellen rechtzeitig auf eine Temperaturschwankung reagiert.

Weil die Bakterienkolonien aus genetisch identischen und zudem der gleichen Umgebung ausgesetzten Zellen bestehen, müssten sie sich gleich verhalten. Doch dem ist nicht so. «Diese Schulbuchmeinung ist überholt», sagt Ackermann. Für die Bakterien zahlt sich die starke Vereinheitlichung der Regulation ihrer Stressgene also nicht aus. Im Gegenteil, je mehr sie hier dem Zufall überlassen, desto grösser wird die Vielfalt an Stressresistenz unter den Schwesterzellen und desto eher teilen sie sich die Arbeit. Mögliche Beispiele dafür, dass «Bakterien eine molekulare Münze werfen», kennt Ackermann viele. Seine

Gruppe untersucht dieses Phänomen, von stickstoffbindenden Bakterien in Schweizer Seen bis hin zu bösartigen Durchfallerregern: Bei den Salmonellen opfert sich eine Minderheit, indem sie unsere Darmzellen befällt. Damit lösen die selbstlosen Altruisten unter den Salmonellen eine Abwehrreaktion aus, die der Mehrheit ihrer genetisch identischen Schwesterzellen zugute kommt.

Dieser Fokus auf einzelne Zellen erlaube in der Umweltmikrobiologie einen neuen Blick auf bekannte Felder wie etwa die Abwasserreinigung, sagt Ackermann: «Mit unserer Einzelzellforschung in komplexen Systemen untersuchen wir, wer was macht, und zeigen die Relevanz der Individualität auf.»

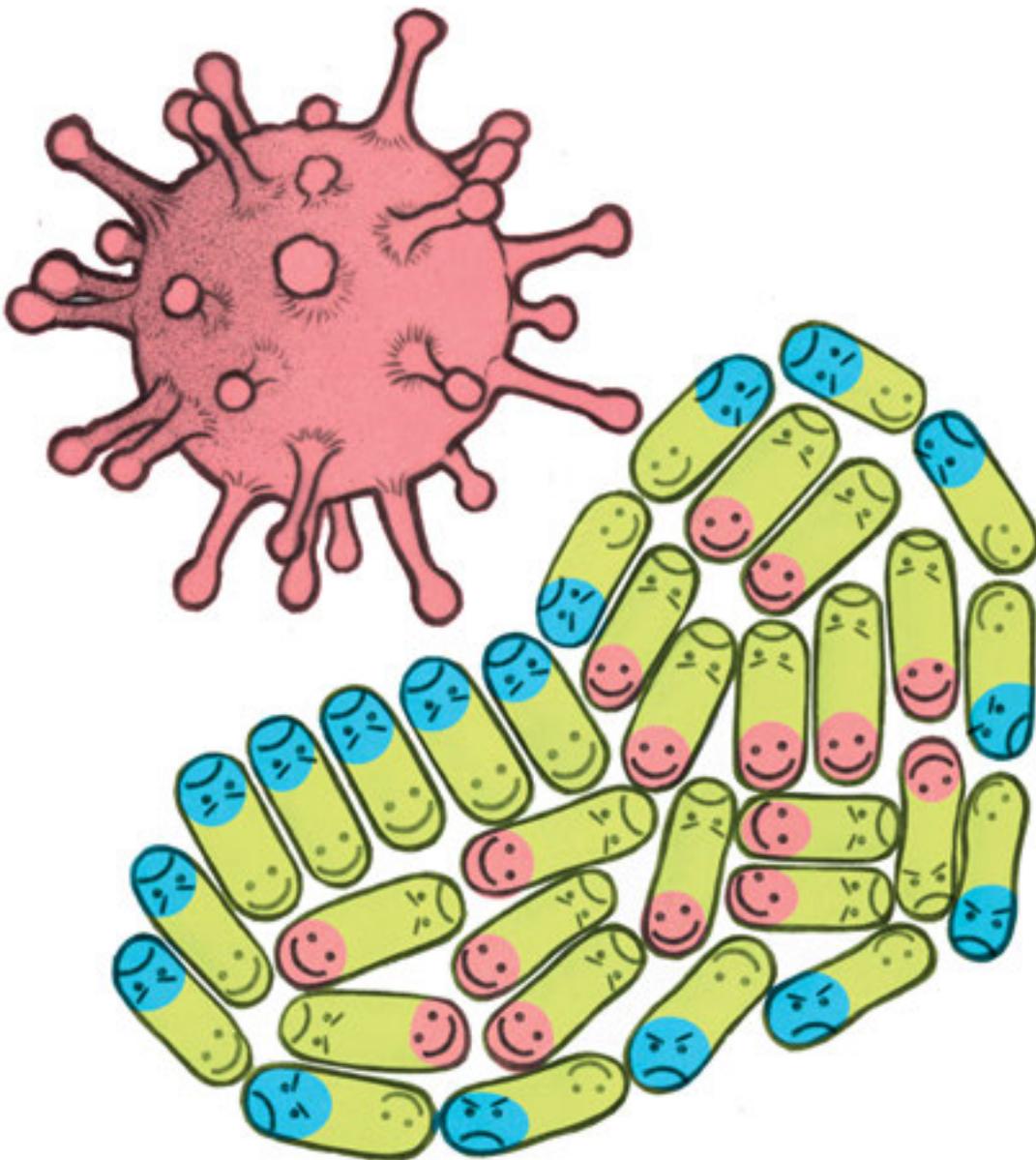
Zum Stichwort Individualität von Zellen fällt Lucas Pelkmans vieles ein. Mit seinem Team von der Universität Zürich untersucht der Systembiologe menschliche Zellhaufen. Je nachdem, wo sich eine einzelne dieser – auch hier: genetisch identischen, aber im Verhalten unterschiedlichen – Zellen befindet, eher in der Mitte oder nah am Rand des Haufens, ist sie bestimmten Viren gegenüber anfälliger oder widerstandsfähiger.

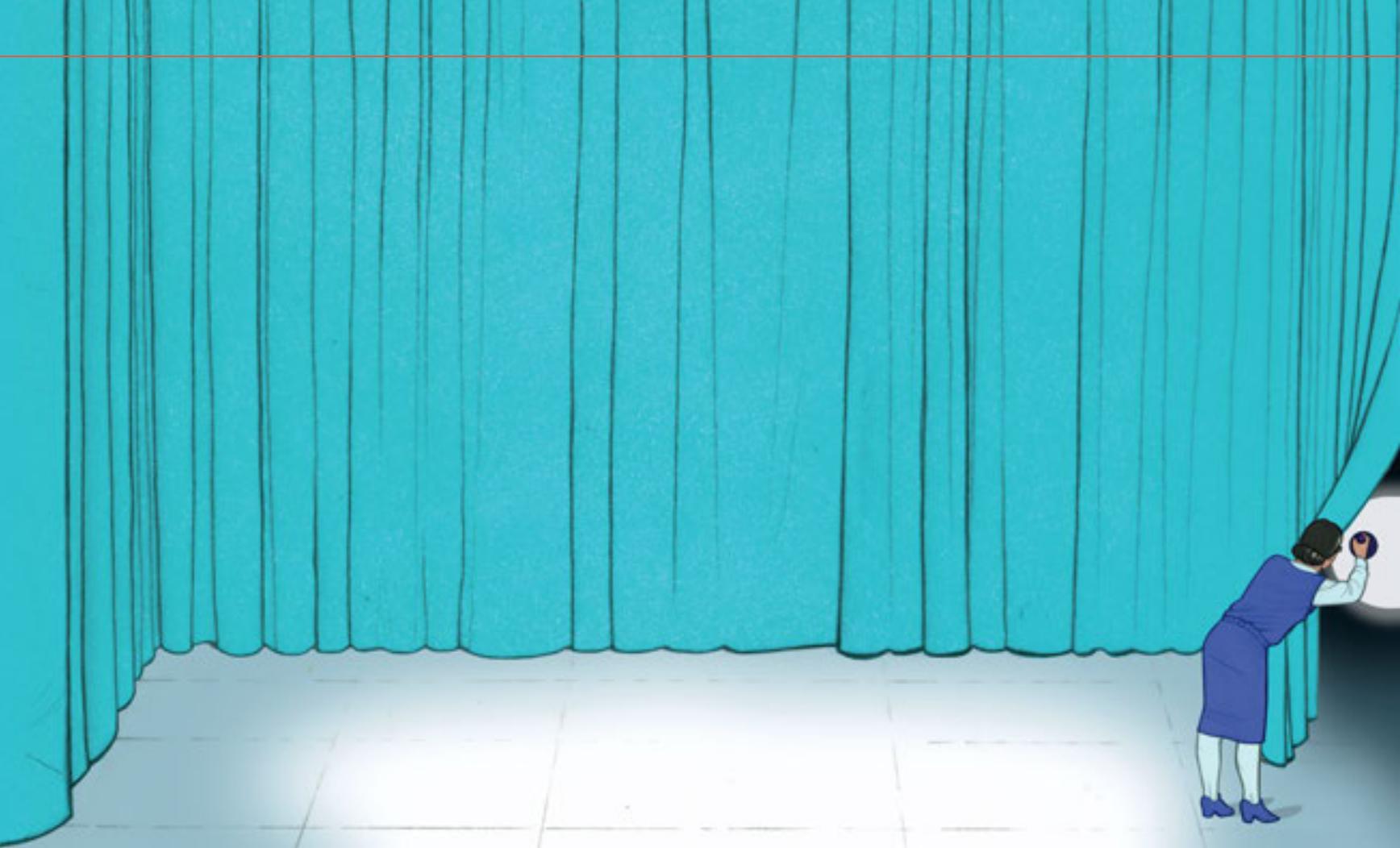
«Wer das durchschnittliche Verhalten von Millionen von Zellen kennt, weiss nicht viel über das Verhalten einer einzelnen Zelle», sagt Pelkmans. Man müsse realisieren, dass neue Selektionskriterien entstünden, wenn ein Haufen identischer Zellen eine Kolonie bilde. Für den Zellhaufen lohne sich eine Arbeitsteilung, die mit einer zusätzlichen Regulationsstufe des Wachstums der einzelnen Zellen einhergehe. In diesem Zusammenhang relevant ist eine neue, von Pelkmans entdeckte Grösse: der Zellpopulationskontext.

Mit ihm lässt sich nicht nur probabilistisch deuten, welche Zellen von einem Virus befallen werden, sondern auch das Verhalten einzelner Krebszellen erklären. Dass die Krebsmedikamente gegen viele Zellen gut, gegen einige aber kaum wirken, daran ist auch der Zellpopulationskontext schuld. In der Wissenschaft gehe es nun darum, seine regulatorischen Mechanismen aufzudecken. Damit gelinge es ihr eventuell, der Krebsbekämpfung neue Angriffsstellen aufzuzeigen, sagt Pelkmans.

Erklärbare Muster

Über diese nützlichen Aspekte hinaus trägt der Zellpopulationskontext auch zu einer Verschiebung der Bedeutung des Zufalls bei: Dass sich die einzelnen genetisch identischen Schwesterzellen unterschiedlich verhalten, habe vielleicht weniger mit zufälligem Rauschen als vielmehr mit erklärbaren, zusätzlich regulierten Mustern zu tun, sagt Pelkmans. Weil es ihm auf seiner Suche nach einem besseren Verständnis der Komplexität gelingt, einen noch unerklärten Teil des zufälligen Rauschens zu erklären, weicht in der Biologie der Zufall der Notwendigkeit. ■





Die Seinsverbundenheit des Wissens

Wie kommt es, dass ein Mensch etwas Neues herausfindet? Die Antwort des Alltagsverstands: Weil er besonders klug, vielleicht sogar, weil er ein «Genie» ist. Die Wissenssoziologie, auf der die neuere Wissenschaftsforschung und die Epistemologie gründen, entzauberte diese idealisierende und individualisierende Vorstellung von der Entstehung neuen Wissens schon Anfang des letzten Jahrhunderts. Der Philosoph Karl Mannheim sprach von der «sozialen Seinsverbundenheit des Wissens». Ohne wie der Marxismus die Determiniertheit der Ideenwelt durch die Ökonomie zu postulieren, wies er die gesellschaftliche Bedingtheit des Geistigen nach; es kommt darauf an, welcher Klasse der Gelehrte angehört und unter welchen Bedingungen er arbeitet. Der Immunologe Ludwik Fleck hob das «soziale Moment der Entstehung der Erkenntnis» hervor; Erkenntnis geschieht überindividuell, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sind immer Teil eines «Denkkollektivs» und eines «Denkstils». Pointiert formuliert: Der Wissenschaftler findet etwas Neues nicht allein heraus, sondern nur im Verbund mit anderen, die ihm zu entdecken erlauben, was er entdeckt hat. Eine grosse Rolle spielt da der Zufall nicht. **uha** ■

Geschmolzene Schokolade

1945 hielt sich ein Ingenieur im Bereich einer Radaranlage auf. Kurz darauf bemerkte er, dass der Schokoladeriegel in seiner Tasche geschmolzen war. Aus dieser zufälligen Begegnung von Kakao und elektromagnetischer Strahlung wurde der Mikrowellenherd geboren, eine von zahlreichen Erfindungen, die dem Zufall zu verdanken sind. Aber beschränkte sich der Zufall nicht auf das Zusammentreffen von Schokolade und Mikrowellenstrahl? Die Geschichte wäre nämlich hier zu Ende gewesen, wenn nicht ein neugieriger Ingenieur nach einer Erklärung für das beobachtete Phänomen gesucht und seine Erkenntnisse danach für eine Erfindung genutzt hätte. Die Wissenschaft beruht auf Beobachtungen und Fragen, aus dem Versuch, diese zu begreifen und zu beantworten – und auf einem Hauch Zufall. **pm** ■

Die Kunst der guten Wissenschaft

Jede wissenschaftliche Entdeckung ist – mindestens ein Stück weit – dem Zufall geschuldet. Das liegt in der Natur der Sache: Weil es in der Wissenschaft darum geht, die Grenze zum Nicht-Wissen zu überschreiten und das Territorium dahinter zu erkunden. Die kluge Forscherin und der schlaue Forscher tun zwar gut daran, ihren Vorstoss ins Unbekannte, den wissenschaftlichen Versuch, so durchzuführen, dass er eindeutige Resultate liefert. Doch auf was sie dabei zufällig stossen, ist weder plan- noch vorhersehbar. Oft ist es Erwartetes, das die im Voraus gemachten Vermutungen und Hypothesen erhärtet. Seltener ist es Unerwartetes, das bisherige Überzeugungen ins Wanken bringt. In der Geisteshaltung, die das Unerwartete zulässt und wahrnimmt, liegt die Kunst der guten Wissenschaft. **ori** ■



Im Dienst der totalen Sicherheit

Die Quantenphysik kann mit Elementarteilchen den reinen Zufall erzeugen. Dies schafft die Voraussetzungen für sichere Kommunikationssysteme und Online-Casinos. *Von Anton Vos*

Es gibt ihn doch, den echten Zufall. Und nicht nur das: Er lässt sich auch nutzen, beispielsweise für Kommunikationseinrichtungen, Online-Casinos oder Geheimcodes von Bankkarten, die so sicher sind, wie man es sich nur vorstellen kann. Quelle dieses Zufalls ist die Quantenphysik. Es geht um so winzige Objekte wie Elementarteilchen, die aber noch Grosses leisten werden. Dieser Überzeu-

gung ist jedenfalls Nicolas Gisin, Professor und Leiter der Gruppe für angewandte Physik der Universität Genf.

«Ein Ereignis trifft zufällig ein, wenn es nicht vorhergesehen wird», sagt der Genfer Physiker. «Alles steht und fällt jedoch mit der Frage: Nicht vorhergesehen von wem? Der echte Zufall ist absolut unvorhersehbar. Nichts, was in der Vergangenheit des zufälligen Ereignisses

geschehen ist, darf auf dieses hindeuten.» Das Geheimnis dieses besonderen Zufalls liegt in den Tiefen der Quantenphysik. Quantenphysikalisch ist es unmöglich, das Ergebnis bestimmter Messungen genau vorherzusehen. Bei der Erzeugung eines Photons lässt nichts darauf schliessen, ob es eine horizontale oder eine vertikale Polarisation aufweisen wird. Nach der Quantentheorie befindet sich ein Photon gleichzeitig in allen seinen möglichen Zuständen. Erst im Moment der Messung wird dieser Parameter in eine bestimmte Richtung festgelegt, und zwar für den Beobachter vollkommen unvorhersehbar. Diese Eigenschaft kann für die Erzeugung zufälliger Zahlen genutzt werden. Dazu werden die Photonen durch einen teildurchlässigen Spiegel gesendet, der beispielsweise nur Photonen mit horizontaler Polarisation durchlässt und die anderen zurückwirft. Mit Hilfe eines Geräts, das die einzelnen Photonen nachweist, kann nun den durchtretenden Photonen der Wert 0, den anderen der Wert 1 zugeordnet werden. Die Abfolge dieser «Bits» ist perfekt zufällig.

Die Flugbahn der Münze

Wie unterscheidet sich nun dieser «echte Zufall» von einem Zufall in der Art des Münzwurfs, wenn doch bei beiden ein Ereignis mit der Wahrscheinlichkeit von 0,5 eintritt? «Bei einem Münzwurf ist es zwar aufgrund der Komplexität der beteiligten Mikrophänomene in der Praxis ebenfalls nicht möglich, das Ergebnis vorherzusehen», gibt Nicolas Gisin zu. «Die Unvorhersehbarkeit ist jedoch nicht intrinsisch, sondern nur die Folge zahlreicher kleiner, sich gegenseitig beeinflussender Vorgänge, die zum betreffenden Ergebnis führen. Wenn die Flugbahn der Münze mit ausreichender Aufmerksamkeit beobachtet und mit genügend genauen Berechnungen erfasst werden könnte, liesse sich vorhersehen, welche Seite am Ende nach oben zu liegen kommt.»

Um den Unterschied zwischen dem Münzwurf und der rein zufälligen Polarisierung eines Photons festzustellen, verfügen die Forschenden über ein Werkzeug, das nach einem Theorem des irischen Physikers John Bell in den 1960er Jahren entwickelt wurde. Es handelt sich dabei um eine Gleichung (oder eigentlich Un-



gleichung), der alle Ereignisse gehorchen, die sich auf einen deterministischen Vorgang zurückführen lassen, die aber verletzt wird, wenn echter Zufall im Spiel ist.

Erst 1983 heckte der französische Physiker Alain Aspect eine experimentelle Anordnung aus, mit der gezeigt werden kann, dass echter Zufall in dieser Welt eine Realität ist. Es gelang ihm, Photonenpaare zu erzeugen, welche die Bellsche Ungleichung verletzen – eine Meisterleistung, die selbst Albert Einstein für unmöglich gehalten hätte, weil er ja überzeugt war, dass Gott nicht würfle. Denn das Problem mit dem echten Zufall ist, dass er untrennbar mit dem Begriff der Nichtlokalität verknüpft ist.

Ein Objekt an zwei Orten

Bei diesem der Intuition widersprechenden Phänomen können zwei Photonen «verschränkt» sein: Eine Manipulation des ersten Photons (zum Beispiel die Messung seiner Polarität) hat einen unmittelbaren Einfluss auf den Zustand des zweiten, und

zwar unabhängig von der Distanz, die zwischen den beiden liegt – als ob die Informationsübertragung die Lichtgeschwindigkeit überträfe. In Wirklichkeit wird jedoch keine Information übertragen. Die beiden Photonen sind für die Quantenphysik ein einziges Objekt, das sich gleichzeitig an zwei verschiedenen Orten des Raums materialisiert. Diese in der klassischen Welt unvorstellbare Eigenschaft konnte Alain Aspect nachweisen.

Seither wurden zahlreiche Experimente zu diesem Thema durchgeführt, insbesondere auch im Genfer Labor, aus dem das Startup ID Quantique hervorging. Dieses Unternehmen vertreibt ein Quantenverschlüsselungssystem, das die Eigenschaften verschränkter Photonen nutzt. Das System ermöglicht eine geschützte elektronische Kommunikation zwischen zwei Schreibenden, indem Schlüssel erzeugt werden, die nicht nur perfekt zufällig (und damit auch für einen Hacker mit der besten Rechenleistung unknackbar), sondern auch abhörsicher sind, da der subtilste Versuch, die ausgetauschten

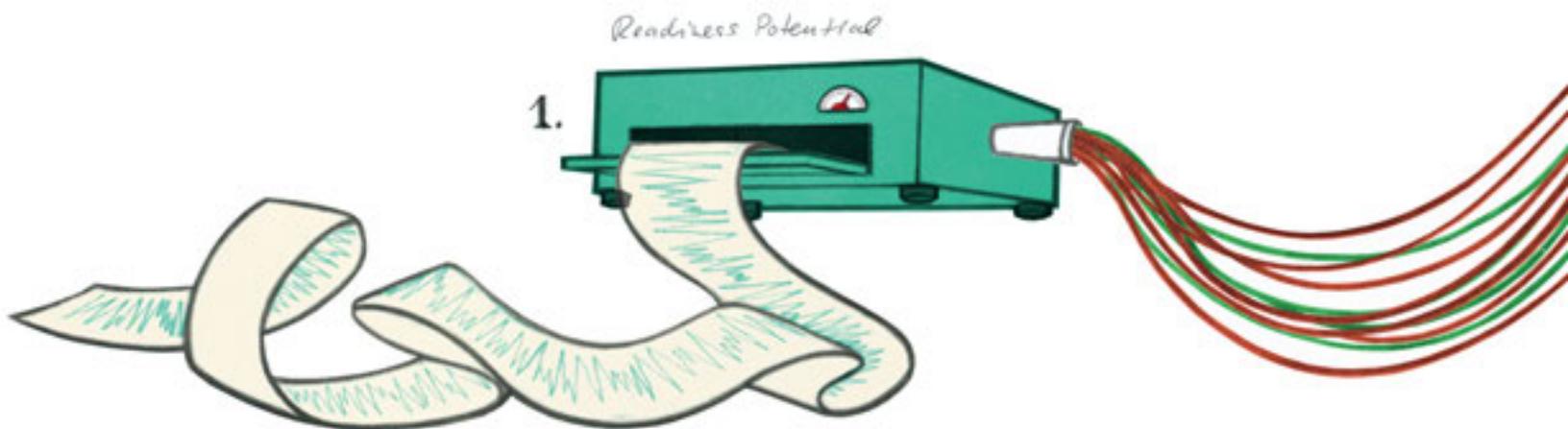
Photonen auszuspionieren, diese stört und sofort bemerkt wird.

Inzwischen werden Zufallszahlengeneratoren von ID Quantique auch in anderen Bereichen eingesetzt, so zum Beispiel in Online-Casino-Spielen (wie Poker) und für Bankkarten-Codes. «Heute werden diese «Zufallszahlen» noch von Computern erzeugt», erklärt Nicolas Gisin. «Auch wenn es sehr schwierig ist, die Zahlen zu erraten, sind sie nur scheinbar zufällig: Sie werden durch Algorithmen berechnet, was problematisch sein kann. Eine im Unternehmen arbeitende Person könnte den Programmcode böswillig benutzen, um die ausgehenden Zahlen vorherzusehen – und damit die nächsten Bankkarten-Codes oder die Hand des Poker-Gegners.» Die Quantenmechanik könnte hier für Ordnung sorgen.

Nur auf dem Bildschirm perfekt

Auch der computergestützte Entwurf von Maschinen wie beispielsweise Flugzeugprototypen könnte vom wahren Zufall profitieren. Simulationen von schnell wechselnden Flugbedingungen basieren ebenfalls auf «pseudo-zufälligen» Zahlen. Dabei ist es schon vorgekommen, dass sich ein Prototyp perfekt in der Luft hielt, solange er nur auf dem Bildschirm existierte, nach der Konstruktion in der Wirklichkeit jedoch schlecht flog. Bei der Simulation hatte der echte Zufall gefehlt. ■

Nicolas Gisin: L'impensable hasard. Non localité, téléportation et autres merveilles quantiques. Editions Odile Jacob, Paris 2012.



Im Bann der DNA

Der Determinismus lebt – nicht nur in der Biologie, sondern auch in den Sozialwissenschaften. Von dort diffundiert die Rede von den bestimmenden Genen in das Alltagswissen. *Von Urs Hafner*

Die Vorstellung, dass ihr Leben mehr als von allem anderen vom Zufall bestimmt sein könnte, hat für die meisten Menschen etwas Beunruhigendes. Die Partnerwahl, das Berufsspech, die Krebserkrankung – da muss doch mehr dahinterstecken als nur eine Laune des Schicksals? Das wohl bekannteste System, das bei der Kontingenzbewältigung hilft, ist die Religion. Nur schon mit dem Versprechen, dass das Leben nach dem Tod weitergehe, zerstreut sie den kränkenden Gedanken, die eigene Existenz sei zufällig oder gar sinnlos. Für die glücklichen und weniger glücklichen Fügungen verweist sie auf das tugend- oder sündhafte Handeln des Betroffenen oder – in ihren abstrakten Ausprägungen – auf den unergründlichen Beschluss eines fernen Gottes.

Marx und Weber

Auch die Kulturwissenschaften haben Antworten auf die Frage parat, warum ein Lebensweg so und nicht anders verläuft und weshalb diese Person Herrschaft ausüben darf und jene gehorchen muss. Mit dem Habituskonzept des Soziologen Pierre Bourdieu beispielsweise, der auf Max Webers und Karl Marx' Sozialtheorien aufbaut, lassen sich biografische Stationen und Wendungen einleuchtend nach-

zeichnen; eine Schlüsselrolle spielt dabei die soziale Herkunft. Zwar liefern die Kulturwissenschaften Erklärungen für vermeintliche Zufälle – so ist es eben kein Zufall, dass die Universitätsassistentin und Mutter nicht Professorin wird oder dass das Migrantenkind nicht an die Universität geht; und wenn es trotz der Hindernisse, die ihm in den Weg gelegt werden – und sei es von Eltern, für die eine Universität nichts für Ausländer ist –, sich nicht vom Universitätsbesuch abhalten lässt, ist dies erst recht kein Zufall; der Kulturwissenschaftler wird die Gründe finden, die dazu geführt haben, dass dieses Individuum die Hürden hat nehmen können.

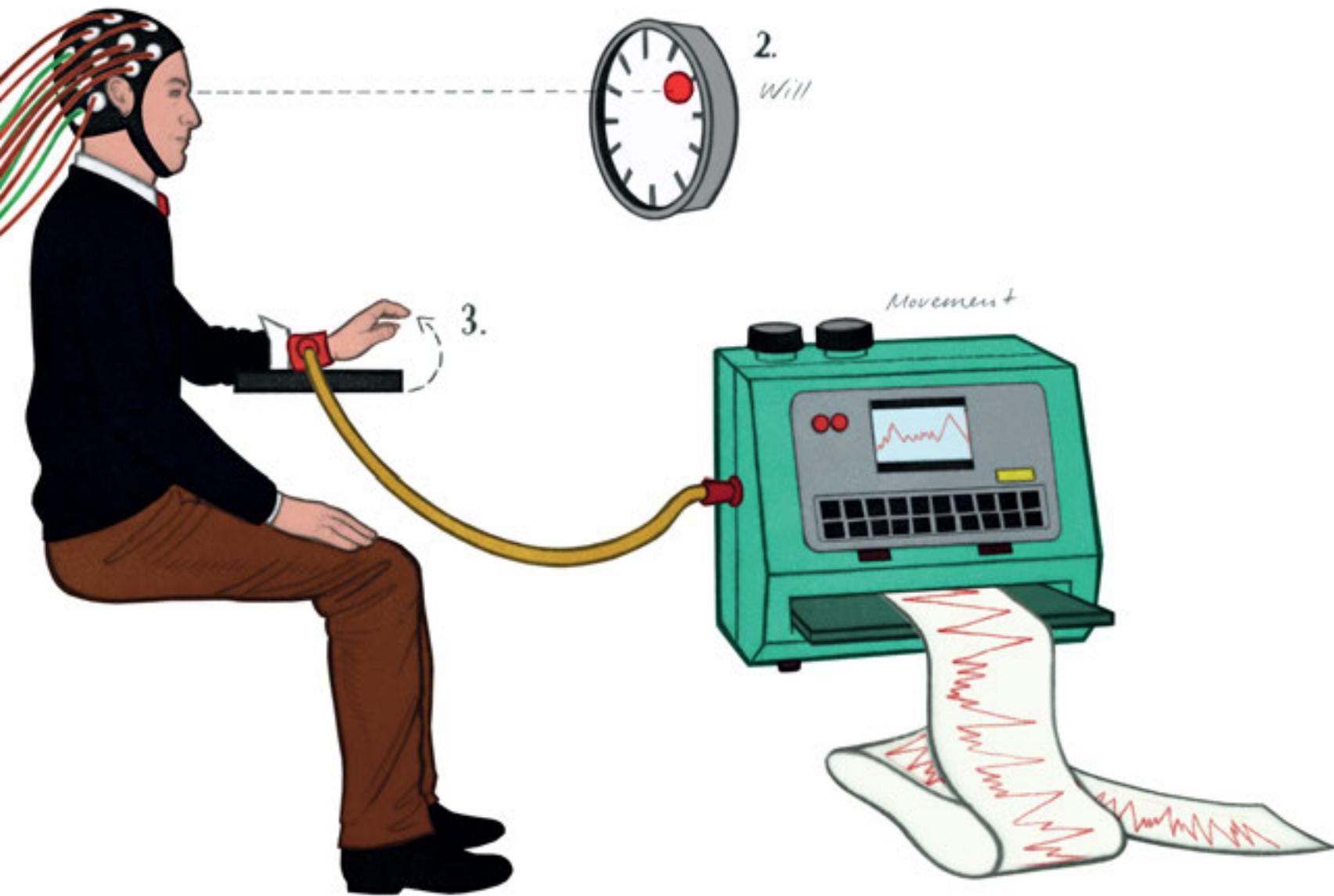
Doch die Kulturwissenschaften schliessen den Zufall nicht kategorisch aus, wie dies etwa fundamentalistische Glaubenslehren oder deterministische Wissenschaften tun. Obschon Letzteres wie ein Selbstwiderspruch anmutet, gibt es sie tatsächlich: Sie haben sich auf dem weiten Feld der Genetik, der Evolutionstheorie und der Hirnforschung gebildet und sind von dort in manche Sozialwissenschaften – in den neuen Komplex der «social neurosciences», in die Neuroökonomie, die Neuropsychologie, die schon etwas ältere Soziobiologie – und ins Alltagswissen diffundiert. Die Rede von

den «guten Genen», denen man diese und jene Eigenschaften zu verdanken habe, oder der «DNA eines Volkes», dem der Hang zum Müsiggang eingeschrieben sei, ist heute Allgemeingut.

Befreiungsbiologie

Der genetische Determinismus schliesst nicht nur den Zufall, sondern auch die menschliche Freiheit aus. Diesen Determinismus kritisiert Alex Gamma von der ETH Zürich. Indem der Biologe und Philosoph nachweist, dass der Gen-Determinismus auf einer Biologie beruht, die von reduktionistischen, unwissenschaftlichen Prämissen ausgeht, möchte er die Menschen dazu bringen, ihre Handlungsfreiheit zurückzugewinnen – dass sie wieder eine Sprache sprechen, in der sie Subjekte sind; dass sie sich nicht länger durch Natur und Biologie bestimmt fühlen; dass sie nicht glauben, sie handelten stets eigennützig, wie die Soziobiologie suggeriert, oder sie suchten, weil sie eine Frau seien, einen wohlhabend-potenten Mann, wie die popularisierte Evolutionspsychologie postuliert. Alex Gammass Forschungsprojekt «Befreiungsbiologie» will die Menschen von den Fesseln einer reduktionistischen Biologie befreien.

Die stärkste Stütze für das omnipräsente gen-deterministische Denken und Sprechen sieht Gamma in der «Informationsmetapher», die seit 1950 zu einer dominanten Sprachform in Wissenschaft und Medien aufgestiegen sei. «Die Metapher beschreibt im Gen-Determinismus das



Wirken von Genen als Informieren, Insturieren, Spezifizieren und Programmieren – obschon es keinerlei Evidenz für eine solche kausale Privilegierung der Gene gibt», sagt Gamma. Die Molekularbiologie habe den Informationsbegriff enthusiastisch, aber völlig unbesehen in ihr Programm aufgenommen und zum zentralen Bestandteil ihres von Nobelpreisträger Francis Crick aufgestellten «zentralen Dogmas» gemacht, wie dieser formuliert habe. Einen ähnlichen Status wie in der Ontogenese hätten die Gene in der Evolutionsbiologie inne. Hier seien sie meist die einzigen Kausalfaktoren, die als erblich angesehen würden. «Evolution ist noch immer weitgehend genetische Evolution», sagt Gamma.

Am Explizitesten äussern sich einige Exponenten der Hirnforschung. Sie sprechen dem Menschen die Willensfreiheit rundweg ab. Das berühmte Libet-Experiment von 1979 sollte beweisen, dass

im Hirn des Menschen, der eine Handlung selbstständig eingeleitet zu haben vermeine, der Entscheid bereits Sekundenbruchteile zuvor chemisch ausgelöst worden sei.

Unbewusster Entscheid

«Die Experimentatoren haben nicht in Betracht gezogen, dass ein Handlungsentscheid unbewusst ausgelöst werden kann», sagt Michael Hampe, Professor für Philosophie an der ETH Zürich, der das Forschungsprojekt «Befreiungsbiologie» leitet und in seinem scharfsinnigen Essay zur «Macht des Zufalls» (2006) zum Schluss kommt, dass der Zufall immer bedeutsamer werde, je mehr der Mensch ihn auszuschalten versuche.

«Die Gegner der Willensfreiheit haben einen viel zu einfachen Begriff von Freiheit», sagt Hampe. Unfrei sei man, wenn man etwas tue, was man nicht tun wolle, doch frei sein heisse nicht, wie die Hirn-

forscher unterstellten, dass es keine Determinanten des Handelns gebe. Kein Entscheid sei undeterminiert. Jeder Mensch sei mit biologischen, sozialen und rechtlichen Einschränkungen konfrontiert – doch dagegen könne er angehen, und zwar gerade im Wissen darum, dass die Einschränkungen vorhanden seien. Nur wenn er diese kenne, könne er die Lücken dazwischen sehen und entsprechend handeln.

Hirsche mit grossem Geweih

Einen Grund für die Anziehungskraft des Gen-Determinismus sieht Michael Hampe im forcierten Wettbewerb um Fördermittel. Weil die Wissenschaften vermehrt Werbung machen müssten, um zu Geldern zu kommen, versprechen sie von vornherein grossartige Ergebnisse – etwa die Entschlüsselung des Wesens des Menschen. Doch: «Die Hirsche mit dem grössten Geweih sind nicht die schnellsten.» ■

Mit dem Peer Review steuern die Wissenschaften sich selbst. Gutachter und Gutachterinnen prüfen anonym Forschungs-gesuche und Papers und entscheiden über die Vergabe von Geldern und Publikationsraum. Garantiert die Anonymität die Unabhängigkeit des Urteils? Oder zerstört sie den für die Wissenschaften unverzichtbaren demokratischen Diskurs?

Transparenz als Hypothek

Von Martin Reinhart

Wer sich gegen die Anonymisierung des Gutachters im Peer-Review-Verfahren wendet, fordert mehr Transparenz. Wie Qualität und Effizienz ist Transparenz ein allgemein akzeptierter Wert, der sich kaum in Frage stellen lässt. Aus zwei Gründen gilt es trotzdem, sich die Mühe zu machen, Argumente gegen die Transparenz zu bedenken: 1. Mehrere Werte können miteinander in Konflikt stehen. So kann beispielsweise hohe wissenschaftliche Qualität auf Kosten der Effizienz eines Peer-Review-Verfahrens gehen. 2. Werte, die nicht kritisierbar sind, werden ideologisch und verlieren ihre Bedeutung. Wenn kein Dissens möglich ist, erscheint die Transparenzforderung reflexartig und leer.

Gegen die Entanonymisierung von Peer-Review-Verfahren spricht einiges: Transparenz benachteiligt junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Sie sind von persönlichen Abhängigkeitsverhältnissen, die



Objektiv?

Von Werner Oechslin

Peer Review bezeichnet ein vornehmlich von wissenschaftlichen Zeitschriften benütztes Verfahren der Qualitätssicherung oder, wie man auch lesen kann, der Sicherung eines Mindestmasses an Qualität. Gegen Begutachtung ist nichts einzuwenden und noch weniger gegen Qualitätsförderung. Hingegen steht zur Debatte, ob und inwiefern es zweckdienlich sei, ein solches Ziel auf anonymem Weg erreichen zu wollen. Soll Kritik nur im Geheimen geübt werden können? Wenn dies den Zustand der Kritikfähigkeit unserer Scientific Community umschriebe, stünde es schlecht um die Wissenschaft. Sie soll ihren Auftrag ja zu grossen Teilen mit öffentlichen Mitteln und zum öffentlichen Nutzen erfüllen. Es besteht ein begründetes Interesse, dass nicht nur Resultate, sondern auch die Wege der Erörterung und Entwicklung erkennbar sind. So könnten der Öffentlichkeit vertiefte Einsichten in das wissenschaftliche Tun gewährt werden.

Nun soll ausgerechnet das Wichtigste, die Qualität und die damit verbundene Selektion, anonym gesichert





Derek Li Wan Po (Fotomontage)

in der Wissenschaft überall vorhanden sind, verstärkt betroffen. Als Begutachtete tragen sie keine klingenden Namen, die jede Begutachtung von vornherein beeinflusst, und als Begutachtende riskieren sie durch Kritik an den Entscheidungsträgern die eigene Karriere. Transparenz eröffnet in der sozialen Dimension eine Machtkomponente, die durch Anonymisierung abgeschwächt wird.

Transparenz verspricht mehr Rechenschaftspflicht und damit weniger unsorgfältige oder böswillige Gutachten. So sehr dies wünschbar ist, so bleibt doch unklar, dass dies mit der Transparenz des Verfahrens zu tun hat. Aus der Forschung zum Peer Review ergeben sich kaum Anhaltspunkte, dass Partikularinteressen in intransparenten Verfahren bedeutsamer wären als in transparenten. Zudem gilt es nicht dem Fehlschluss zu unterliegen, dass mehr Transparenz automatisch zu wahrhaftigeren Aussagen der Gutachtenden führen würde. Die Debatten um Anonymität im Internet legen davon ein beredtes Zeugnis ab, indem dort Transparenz mehrheitlich zur Profit- und Rechtssicherheit grosser Firmen dient und nicht zur Sicherung eines herrschaftsfreien Diskurses.

Schliesslich führt mehr Transparenz in Begutachtungsverfahren zu höheren Kosten – und dies in einem Wissenschaftssystem, dessen Begutachtungswesen

aufgrund des politisch forcierten Evaluationshypes ohnehin schon unter Druck steht. Gutachten zu verfassen, die wie Veröffentlichungen von der Community geprüft werden, ist aufwändiger als die informellere Form der Begutachtung in den meisten bestehenden Peer-Review-Verfahren. Ob der zusätzliche Aufwand die Qualität von Gutachten im Kern verbessern oder bloss deren Präsentierbarkeit erhöhen würde, ist bis jetzt ungeklärt.

Diese Argumente richten sich nicht prinzipiell gegen Versuche, Begutachtungsverfahren transparenter zu gestalten. Vielmehr raten sie zur Vorsicht bei der Umgestaltung eines Wissenschaftssystems, dessen Selbststeuerung bis ins 17. Jahrhundert zurückreicht. Neue Kommunikationstechnologien bieten sicher die Möglichkeit zur Verbesserung wissenschaftlicher Begutachtung, aber ohne Begleitung durch eine Wissenschaftsforschung, die Effekte solcher Veränderungen klärt, sind Reformversuche problematisch. Welche intendierten und nichtintendierten Folgen transparentere Begutachtungsverfahren im ganzen Wissenschaftssystem erzeugen, gilt es zu erforschen, bevor der legitime Ruf nach mehr Transparenz und weniger Anonymität ertönt. ■

Martin Reinhart ist Juniorprofessor an der Humboldt-Universität Berlin. Peer Review ist eines seiner Forschungsgebiete.



werden. Weil man der Sache offensichtlich misstraut, soll ein offener Prozess vermieden werden. Noch bedenklicher: Die Kompetenz tritt vornehmlich durch Autorität ersetzt auf, wo sie doch in der Öffentlichkeit sichtbar – im Einklang mit der Entfaltung von Talenten und Forscherpersönlichkeiten – entwickelt und durchgesetzt werden sollte. Wie sagt doch so schön Kant: «Der dialectische Schein in der rationalen Psychologie beruht auf der Verwechslung einer Idee der Vernunft (einer reinen Intelligenz) mit dem in allen Stücken unbestimmten Begriffe eines denkenden Wesens überhaupt.» Das heisst, wir müssen uns den Schwierigkeiten menschlicher Erkenntnismöglichkeit stellen, mitsamt der der «Menschenvernunft» hinzugesellten «unvermeidlichen, obzwar nicht unauflöselichen Illusion».

Dem steht eine – kaum wünschbare – «abstrakte» Wissenschaft und Wissenschaftsgläubigkeit entgegen. Es ist unübersehbar, dass bei anonymen Verfahren der Qualitätssicherung «Standards», mithin formale Aspekte, in den Vordergrund drängen, bekannte Wissensformen im Vorteil sind und dem Ganzen das Mäntelchen der Objektivität umgelegt wird. Am Ende steht die abstruse Vorstellung einer Wissenschaftswelt, in der auf der einen Seite objektive Erkenntnisse und auf der andern subjektive Einsichten stehen, die mit dem «Individualisten» verbunden und verträglich sind.

Das würde dann – *horribile dictu* – umso besser zu den angeblichen «zwei Welten» von Natur- und Geisteswissenschaft passen. Doch die Forschung zeigt – gerade im Neurobereich – immer wieder, dass die Welt sich stets noch komplexer und noch differenzierter darstellt und dass allein schon deshalb noch dringender nach Modellen und Erklärungen gesucht werden muss, die selbstverständlich vom Menschen geschaffen und Teil seiner Vorstellungswelt sind.

Dass man solche Überlegungen an scheinbar unbedeutende Verfahrensfragen wie das Peer Review knüpft, mag überraschen. Doch dieses Verfahren ist an die längst in Kritik stehenden, quantitativen «Methoden» gekoppelt, mit denen Qualität gefasst werden soll, weil – gemäss einem gegenüber Politikern despektierlichen Argument – die Politik nur die Sprache der Zahlen verstehe. Die Wissenschaft muss durch ihre Erkenntnisse und Einsichten überzeugen, und diese sollen möglichst «wirklichkeitsnah» und öffentlich diskutiert werden können. Man unterschätzt auch den «Normalbürger», wenn man ihn nur mit Kuriositäten und Schlagzeilen aus der wundervollen Welt der Wissenschaft bedient. ■

Werner Oechslin ist emeritierter ETH-Professor für Kunst- und Architekturgeschichte sowie Gründer und wissenschaftlicher Leiter der Stiftung Bibliothek Werner Oechslin in Einsiedeln.

Preisgekrönter Mediziner mit Bodenhaftung

Jacques Fellay versucht, im menschlichen Genom neue Waffen gegen Viren zu finden, insbesondere gegen das für Aids verantwortliche HIV. Für seine Arbeit erhält er 2012 den Latsis-Preis. Von Fleur Daugey, Bild Francesca Palazzi

Hinter dem Schreibtisch im modernen Life-Sciences-Gebäude der ETH Lausanne denkt Jacques Fellay bescheiden über seine steile berufliche Karriere nach. Der Latsis-Preis? Er habe nicht damit gerechnet. «Man hat immer das Gefühl, es gäbe ein ganzes Heer von Forschern, die den Preis mehr verdienen würden», sagt er. Und fügt lächelnd hinzu: «Und bei manchen ist man sich sogar sicher!»

Bescheiden, ruhig

Mit seiner bescheidenen Art, der ruhigen Stimme und dem jugendlichen Aussehen wirkt er wie jemand, der gerade erst das Medizinstudium abgeschlossen hat. In Wirklichkeit ist der 38-Jährige bereits eine anerkannte Grösse auf dem Gebiet der Erforschung genetischer Einflüsse bei Infektionskrankheiten. Ist die Medizin Berufung? «Es ist mir fast etwas peinlich: Noch wenige Tage vor meiner Immatrikulation wusste ich nicht, dass ich dieses Studium wählen würde. Wichtig war mir, ein Fach zu belegen, das an der Schnittstelle zwischen Natur- und Geisteswissenschaften liegt. Die Medizin bietet eine wissenschaftliche und intellektuelle Her-

ausforderung, die einen zwingt, am Boden zu bleiben.»

Im Jahr 2000 beginnt Jacques Fellay eine Dissertation bei Amalio Telenti am Universitätsspital in Lausanne (Chuv) und schliesst seine erste Forschungsarbeit zur Pharmakogenetik in der Aidstherapie ab. Um die Jahrtausendwende waren die

«Mit den heutigen Methoden kann man die Stecknadel im Heuhaufen finden.»

Medikamente gegen das Virus weniger wirkungsvoll und häufig toxischer als heute. Die damalige Kernfrage ist aber nach wie vor aktuell: Weshalb sprechen nicht alle HIV-Infizierten gleich gut auf die Medikamente an? Der Forscher identifiziert mit seinem Team Genvariationen, welche die Konzentration gewisser antiretroviraler Medikamente im Blut beeinflussen – und damit auch deren Wirksamkeit oder Toxizität.

Nach diesem ersten Forschungserfolg kehrt der Arzt zurück zu den Patienten und nimmt eine Fachausbildung für Infektionskrankheiten in Angriff. «Ich wollte mich in beiden Welten bewegen, in der Forschung und der Klinik», erinnert er sich. Nach seinem FMH-Abschluss 2006 folgt er wieder dem Ruf des Labors. Er bricht in die Vereinigten Staaten auf und arbeitet am Institut für Genomforschung der Universität Duke. «Ich hatte das Glück, in einem entscheidenden Moment dort zu sein: Der Genforschung standen nun

ausgereifte Werkzeuge zur Verfügung.» Es wurde möglich, Fragen auf der Ebene des gesamten Genoms zu stellen und nicht mehr nur zu einem einzelnen Gen. «Mit den heutigen Methoden ist es möglich, die Stecknadel im Heuhaufen zu finden», sagt der Wissenschaftler.

Die Fragen sind die gleichen geblieben: Was entscheidet beim Kontakt mit einem Krankheitserreger darüber, ob man sich infiziert oder nicht, ob man stärker oder schwächer erkrankt, ob man mehr oder weniger gut auf die Behandlung anspricht? «Gewisse Antworten liegen im Genom verborgen, dessen heutige Struktur das Ergebnis von Hunderttausenden von Jahren Evolution ist. Es ist faszinierend, den Gründen für die individuelle Reaktion auf die Spur zu kommen.» Dann schwächt er ab: «Natürlich lässt sich nicht alles mit den Genen erklären, sondern zahlreiche Faktoren haben einen Einfluss darauf, wie wir auf ein Virus reagieren.»

Trotzdem spielt die Genomik im Kampf gegen Infektionskrankheiten eine zentrale Rolle. Den Beweis lieferten Jacques Fellay und sein Team in Duke mit der Identifikation dreier Gene, die am

Nationaler Latsis-Preis

Jedes Jahr verleiht der SNF den mit 100 000 Franken dotierten Latsis-Preis. Die Auszeichnung ist Forscherinnen und Forschern vorbehalten, die weniger als 40 Jahre alt sind, und gehört zu den prestigeträchtigsten wissenschaftlichen Preisen der Schweiz.

Jacques Fellay

Jacques Fellay leitet im Rahmen einer Förderungsprofessur des SNF seit 2011 ein Forschungsteam an der Fakultät für Life Sciences der ETH Lausanne, das sich mit der Rolle des menschlichen Genoms bei Infektionskrankheiten beschäftigt. Seit 2010 ist er zudem als Arzt am Institut für Mikrobiologie und an der Abteilung für Infektionskrankheiten des Universitätsspitals in Lausanne (Chuv) tätig. Der Arzt und Forscher hat in Freiburg, Lausanne und Wien studiert. Von 2006 bis 2010 arbeitete er an der Universität Duke in den USA am Institut für Genomforschung. Jacques Fellay lebt mit seiner Familie in Saint-Maurice.



Resistenzmechanismus gegen das HI-Virus beteiligt sind. Diese Entdeckung gilt als Meilenstein auf dem Weg zu einer Impfung. Mit denselben Methoden war es der Gruppe bereits gelungen, die Reaktion der Patienten auf Arzneimittel gegen Hepatitis C vorauszusagen. Die langwierige, mühsame Behandlung führt nämlich nur in jedem zweiten Fall zu einer Heilung. Die Erforschung von Genvariationen ermöglichte es, vorauszusehen, ob die Patienten positiv oder negativ auf die Medikamente reagieren würden, und die Behandlung anzupassen.

Den weissen Kittel tragen

Stolz? Wieder betont Jacques Fellay, dass er vor allem das Glück hatte, zu den ersten Forschern weltweit zu gehören, welche die neuen Methoden an Patientenkohorten anwenden konnten. «Solche Ergebnisse sind so befriedigend, weil sich daraus – wie im Fall von Hepatitis C – konkrete Anwendungen unserer Forschung ableiten lassen. Ich fühle mich aber deswegen nicht als Wohltäter.»

Heute leitet Jacques Fellay als Förderungsprofessor des Schweizerischen Nationalfonds ein fünfköpfiges Team, das hauptsächlich aus Bioinformatikern besteht. Sie prüfen insbesondere die Interaktionen zwischen dem menschlichen und dem viralen Genom. «Wir wollen in Erfahrung bringen, was in unserem Erbgut die Replikationsfähigkeit des HI-Virus eindämmt. Das ist die Waffe, die wir gegen das Virus einsetzen wollen.»

Der Wunsch, Brücken zwischen der Laborwelt und der Praxis zu schlagen, begleitet den forschenden Arzt beständig. So freut er sich, dass er an einem Morgen pro Woche wieder «den weissen Arztkittel» trägt und HIV-Patienten berät. Das gibt ihm die Gelegenheit, die Realität des Pflegepersonals und das Schicksal der Patienten nicht aus den Augen zu verlieren. ■

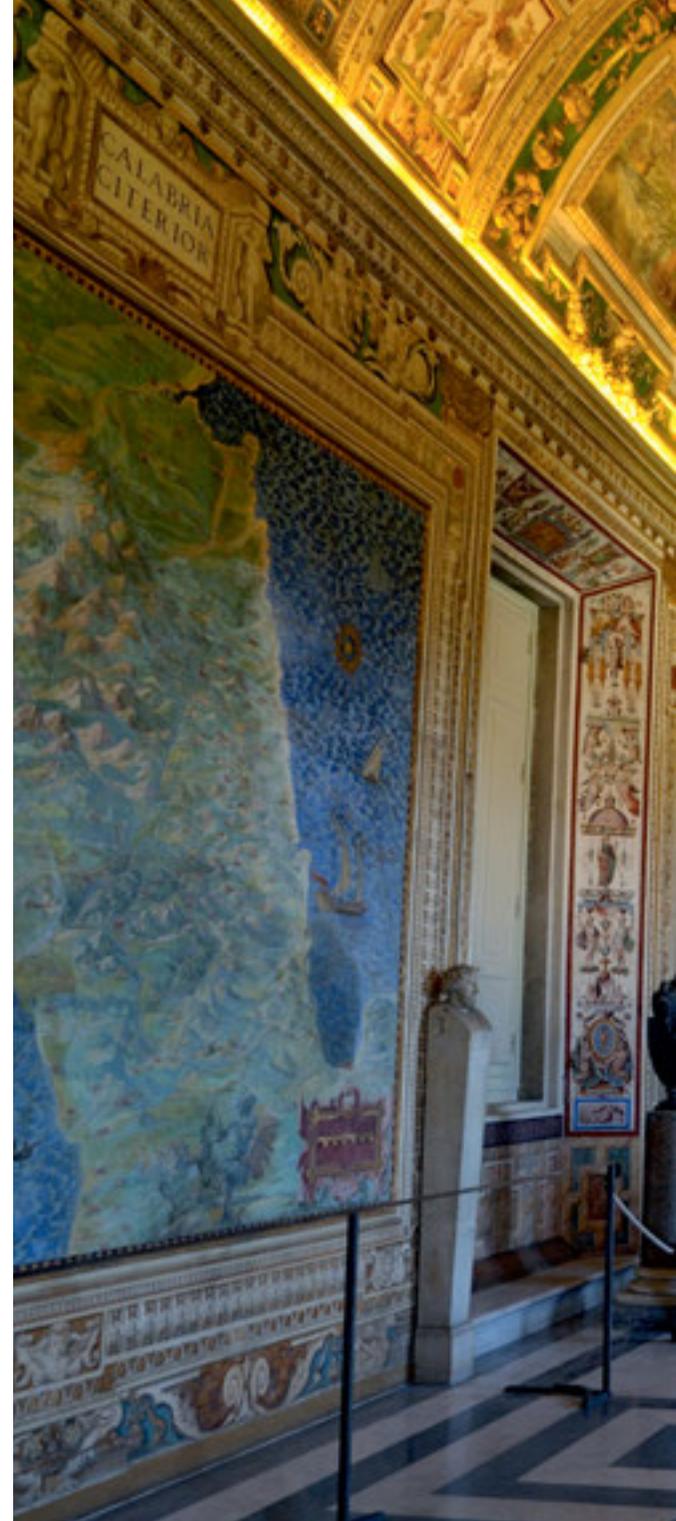
Der Mönch und die Ästhetik

Der Kunsthistoriker Marcel Henry untersucht in Rom das Werk des Dominikanermönchs Egnazio Danti. Der Universalgelehrte liess wissenschaftliche Erkenntnisse in die Kunst einfließen.

Die meisten Rom-Reisenden wollen unbedingt das Deckengemälde der Sixtinischen Kapelle im Vatikan sehen. Auf dem Weg dorthin, in der Galleria delle carte geografiche, begegnen sie einer kunst- und wissenschaftshistorischen Kostbarkeit: Lässt der Besucher seinen Blick schweifen, so wandert dieser über den Apennin von Nord nach Süd, zur Linken die Adria, zur Rechten das Tyrrhenische Meer. Das Wandgemälde wurde von Egnazio Danti realisiert, der das geografische Wissen seiner Zeit ins Bild übertrug und ästhetisch darstellte.

In Rom sowie in anderen italienischen Städten folge ich für meine Dissertation, unterstützt von einem SNF-Stipendium, den Spuren Egnazio Dantis (1536–1586). Als Dominikanermönch gehörte er zu einem kleinen Kreis von Personen, die Zugang zum zeitgenössischen Wissen hatten. Sein Name wird heute mit den Künsten und den Wissenschaften gleichermaßen in Verbindung gebracht. Er interessierte sich für die Bewegungen der Himmelskörper ebenso wie für Fragen der Perspektive und der Optik. So ergründete er den Zusammenhang zwischen dem Einfall des Sonnenlichts, der geografischen Breite und der Tageszeit, wofür er neben rechnerischen auch perspektivische Instrumente einsetzte. Anhand des Quellenmaterials kann ich exemplarisch zeigen, wie Erkenntnisse aus der wissenschaftlichen Arbeit in die Bilder einflössen und umgekehrt und welche Funktion dem Bild im Wissenschaftsverständnis Dantis zukam.

Egnazio Danti wirkte auch in Florenz und Bologna, aber die deutlichsten Spuren hat er in der Stadt am Tiber hinterlassen. Deshalb ist Rom als Standort für meine Arbeit erste Wahl. In den Vatikanischen Bibliotheken, wo sich aufschlussreiche Dokumente befinden, kann ich zielstrebig forschen. Der Dominikaner war ein Universalgelehrter. So hat er beispielsweise ein



mathematisches Grundlagenwerk geschrieben, «Le scienze matematiche». Die tabellarischen Aufzeichnungen sollten den Zugang zum Wissen erleichtern. Er war ein Praktiker, dessen Stärke darin lag, das Interesse einflussreicher Auftraggeber zu gewinnen. So gelang es ihm, grosse Gemälde wie zum Beispiel das geografische Kartenwerk zu entwerfen. Solche Bildprogramme liess er dann von anderen Künstlern ausführen, zumal er selbst kein grosser Zeichner und Maler war.

Auf diese Weise vermittelte er früh zwischen Wissenschaft und Kunst. Er stand in Kontakt mit Kunstschaaffenden und Gelehrten



am Hof des toskanischen Herzogs Cosimo I. und mit Geistlichen aus dem Umkreis von Papst Gregor XIII. Anhand von Egnazio Dantis Schriften konnte ich in Erfahrung bringen, dass er die geistige Elite und zahlungskräftige Auftraggeber dazu brachte, der Darstellung von Wissenschaft Aufmerksamkeit zu schenken und sie ästhetisch ins Bild zu setzen. Mit diesem Vorgehen trug er wissenschaftliche Leistungen in die Öffentlichkeit.

Es gelang mir, diese Figur, die an der Entstehung monumentaler Bildzyklen im Palazzo Vecchio in Florenz und im Vatikan massgeblich beteiligt war, fassbarer zu machen. Ich konnte

das an der Empirie orientierte Vorgehen der Wissenschaft zur Zeit der Konfessionalisierung auch im bildnerischen Schaffen von Danti nachweisen. Insbesondere die Zeichnung war das Medium, in dem sich seine Beobachtungen konkretisieren konnten. Danti betrieb somit eine frühe Form einer ästhetisierten Wissenschaft.

Neben der Arbeit über den Büchern und am Manuskript kann ich im internationalen Umfeld des Schweizerischen Instituts in Rom auch mein Beziehungsnetz weiter ausbauen.

Daraus sind Kontakte und Freundschaften hervorgegangen, die meine Forschungsarbeiten auch in Zukunft begünstigen dürften.

Eben habe ich meine Dissertation an der Universität Zürich eingereicht. Die Beschäftigung mit der Frage, wie Wissenschaft und Kunst zusammenwirken, wird mich auch in Zukunft beschäftigen. Mein Aufenthalt in der ewigen Stadt erlaubt es mir zudem, zusätzliches Wissen zu erschliessen, etwa in der Wissenschaftsgeschichte, der Kunsttheorie oder der ästhetischen Philosophie. Dieses Wissen kann ich in meine künftige Tätigkeit als Kurator einfließen lassen. ■

Aufgezeichnet von Sabine Bitter



Kunst und Wissenschaft vereint:

Marcel Henry folgt in Rom – unter anderem am Schweizerischen Institut (oben) – den Spuren Egnazio Dantis.

Im Vatikan hatte er eine seiner ersten Begegnungen mit dem Schaffen des Dominikanermönchs: mit den geographischen Wandgemälden, die von diesem konzipiert worden waren (ganz links).

Selbst angefertigt hat Danti 1583 die Zeichnung von San Giovanni in Persiceto (ganz oben). Die Karte, von der nur ein Ausschnitt zu sehen ist, sollte die Ausdehnung des Gutes einer Familie belegen.

Bilder: Michael Nitzsche/ma/maonline.ch (grosses Bild), Ministero Beni Culturali, Archivio di Stato di Bologna, Assunteria di confini ed acque, mappe, vol. 7, n. 1, autor. n. 1029/13.11.2012 (Karte), Ela Białkowska (Istituto Svizzero), zVg (Marcel Henry)

Die Launen der inneren Uhr

Je älter wir werden, desto früher wachen wir auf. Die senile Bettflucht steckt uns wörtlich im Blut.

Von Ori Schipper

Dass wir am Abend müde und am Morgen (mehr oder weniger) wach werden, dass unsere Sinne, unser Herz, unsere Niere und unser Verdauungsapparat je nach Tageszeit unterschiedlich funktionieren, hat mit unserer inneren Uhr zu tun. Genau genommen gibt es nicht nur eine Uhr; von der Haarwurzel bis zum Fussnagelbett ticken unzählige innere Uhren, eine in jeder unserer Abermilliarden Zellen. Ihr genetisch definiertes Räderwerk besteht aus einer Reihe von Eiweissen, die in Rückkoppelungsschleifen aufeinander einwirken. Sie bilden im Inneren jeder Zelle quasi das biologische Pendant zum schwingenden Pendel einer mechanischen Uhr. Vereinfacht gesagt sorgt Eiweiss A für die verstärkte Produktion des Eiweisses B, das aber die Herstellung von A drosselt. Wenn darauf das Eiweiss A rar wird, entsteht weniger Eiweiss B, was dazu führt, dass die Zelle wieder vermehrt Eiweiss A produziert – und dadurch, wie beim Yin und Yang der chinesischen Philosophie, einen neuen Kreislauf von Eiweisschwankungen einleitet.

Hormonell, nicht genetisch

Tatsächlich ist die innere Uhr genetisch viel komplexer zusammengesetzt, denn sie besteht aus vielen unterschiedlichen Eiweissen, wie sich in den letzten zehn Jahren erwiesen hat. Trotzdem lasse sich die Funktionsweise der Uhr allein mit der Genetik nicht ausreichend erklären, sagt Steven Brown vom Institut für Pharmakologie und Toxikologie der Universität Zürich. So hat seine Forschungsgruppe kürzlich gezeigt, dass die im Alter stattfindenden Anpassungen der Uhr etwa nicht genetisch, sondern hormonell gesteuert sind.

Um Genaueres über die molekularen Grundlagen der senilen Bettflucht in Erfahrung zu bringen, hat das Team um Brown je 18 junge und ältere Personen Fragebögen zu ihrem Tagesrhythmus ausfüllen lassen – und ihnen aus den Hinterbacken einige Hautzellen gestochen. Im Labor schaute es sich deren innere Uhr an: Unabhängig vom Alter der Person durchliefen alle Hautzellen exakt die gleichen täglichen Eiweisschwankungen. Das Räderwerk der inneren Uhr verändert sich also im Laufe der Zeit nicht.



Wie aber lässt sich erklären, dass die 20- bis 30-jährigen Leute – wie sie auf den Fragebögen angegeben hatten – an freien Tagen, an denen sie nicht früh zur Arbeit oder an die Uni gehen müssen, im Schnitt zwei Stunden später aus dem Bett steigen als die 60- bis 90-jährigen? Dieser Verhaltensunterschied muss auf andere Ursachen zurückzuführen sein. Vielleicht enthalte das Blut Faktoren, die sich auf die innere Uhr auswirken, vermuteten die Forschenden. Ihre Idee testeten sie, indem sie ihren Hautzellkulturen Blutserum beifügten. Das Serum junger Personen zeitigte keine Wirkung, aber das Serum der älteren Personen warf die innere Uhr der Hautzellen aus dem Takt und beschleunigte die täglichen Schwankungen der Eiweissmengen. «Wenn die innere Uhr Tage misst, die weniger als 24 Stunden dauern, beginnt man den Tag früh am Morgen», sagt Brown. Was ist das für ein mysteriöser Faktor, der im Blut zirkuliert und uns im Alter früh aus dem Bett treibt? Noch ist es den Forschenden nicht gelungen,



Durchwachte Nächte:
Gehören im Alter oft zum
Alltag. Bild: Oscar Burriel/SPL/Keystone

Doch wie stellt sich die innere Uhr am Anfang des Lebens auf diesen Zyklus ein? Und was würde passieren, wenn jemand statt auf der Erde etwa auf dem Planeten Mars zur Welt käme, der sich etwas langsamer um die eigene Achse dreht und auf dem die Tage deshalb etwas länger dauern? Die Frage klingt nach Science-Fiction, die Antwort aber ist für das Hier und Jetzt überraschend relevant. Gefunden hat sie das Team um Brown mit einer einfachen Versuchsanordnung.

Konsequenzen für Spitäler?

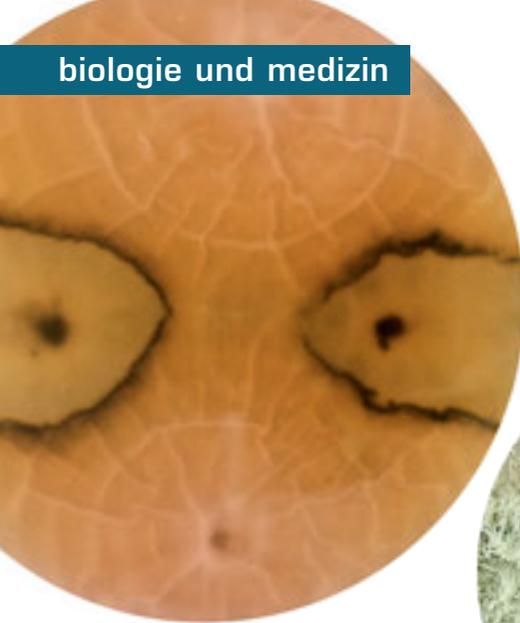
Die Forschenden haben junge und erwachsene Mäuse einige Wochen lang in zwei Käfigen mit Kunstlicht gehalten. Im ersten Käfig leuchtete das Licht zwölf Stunden lang, dann war es während zwölf Stunden ausgeschaltet; im zweiten Käfig simulierte das Licht aber die je 13 Stunden langen Tage und Nächte auf dem Mars. (Eigentlich dauert ein Marstag nur 40 Minuten länger als ein Erdentag, doch das tut hier nichts zur Sache.) Dann schalteten die Forschenden die Lampen aus und untersuchten, wie sich der Tagesrhythmus in der ununterbrochenen Dunkelheit fortsetzte; wann die Mäuse schliefen und wann sie auf dem Laufrad Runden drehten.

Das Aktivitätsmuster der erwachsenen Mäuse widerspiegelte immer den Erdentag, auch wenn sie im Käfig mit den Marstagen gehalten worden waren. Doch die jungen Mäuse hatten den Marsrhythmus übernommen. Zudem ging der auf den Mars eingestellte Tagesablauf mit epigenetischen Veränderungen des Erbguts im Gehirn der jungen Mäuse einher, die sich noch Monate nach dem Versuch auf ihr Verhalten auswirkten. «Offenbar gibt es früh im Leben ein Zeitfenster, in dem das Gehirn junger Mäuse noch plastisch, also formbar ist und seine innere Uhr an die äusseren Umstände anpassen kann», sagt Brown.

Falls auch das Gehirn junger Menschen ein solches Plastizitätsfenster aufweisen würde, bedeutete dies, dass die Geburtsabteilungen der Spitäler ihre Praxis ändern müssten, sagt Brown. Dass die Frühchen in durchwegs beleuchteten Sälen liegen, sei zwar im Interesse des Pflegepersonals, das sie so dauernd im Blick behalten könne, aber hindere vielleicht ihre innere Uhr daran, sich an den 24-Stunden-Rhythmus unseres Planeten zu gewöhnen. Ob sich das Dauerlicht tatsächlich negativ auswirke, sei zwar noch unerforscht, sagt Brown, doch die bisherige Datenlage lasse den Schluss zu, dass «eine robuste innere Uhr der Gesundheit zuträglich» sei. ■

ihn zu identifizieren. Doch wenn sie es schaffen, könnten uns ihre Einsichten neue Behandlungsmöglichkeiten eröffnen, mit denen die im Alter häufigen Schlafbeschwerden bekämpft werden könnten. Dies wäre von umso grösserer Bedeutung, als die heutigen Schlafmittel zwar hilfreich, aber wegen ihres grossen Suchtpotenzials problematisch sind.

Der von der inneren Uhr vorgegebene Rhythmus ist nicht nur im Alter entscheidend. Wer diesem Rhythmus berufsbedingt über längere Zeit keine Beachtung schenkt, trägt ein erhöhtes Risiko, Depressionen, andere psychische Krankheiten, Verdauungsstörungen oder Krebs zu entwickeln. «Schichtarbeit hat ihren gesundheitlichen Preis», sagt Brown. Und obwohl sich die Menschen in früh aufstehende «Lerchen» und spät ins Bett gehende «Eulen» – in unterschiedliche Chronotypen – unterteilen lassen, weil sie zu verschiedenen Zeiten essen oder schlafen, folgen die meisten einem 24-Stunden-Zyklus.



Giftiger Cocktail

Pilze bekämpfen sich mit chemischen Waffen. Diese könnte der Mensch gegen unerwünschte Pilze einsetzen.

Von Anne Burkhardt

Territorialansprüche können bei Pilzen genauso wie bei Menschen zu Konflikten führen. Pilze leben im Boden oder entwickeln sich friedlich in Form von Fäden im Inneren von pflanzlichem Gewebe. In geschwächten Baumstämmen vermehren sie sich, und schon lange beobachten Förster dunkle Linien, die konkurrierende Pilze wie Gräben voneinander trennen.

Dieser stille Grabenkrieg hat die Aufmerksamkeit eines interdisziplinären Forscherteams geweckt. Jean-Luc Wolfender, Phytochemiker an der Universität Genf, Katia Gindro, Mykologin an der Forschungsanstalt Agroscope, und Michel Monod, Biologe am Universitätsspital Lausanne (Chuv), haben die Hypothese formuliert, dass sich die Pilze mit bisher unbekanntem chemischen Waffen bekämpfen. Wenn der Mensch über diese Waffen verfügte, könnte er diese gegen Pilze richten, die aus seiner Sicht unerwünscht sind. Denn verschiedene *Fusarium*-Arten verur-

sachen zum Beispiel beträchtliche Schäden an Getreidekulturen, ausserdem sind sie für rund 150 der 2000 jährlich am Chuv erfassten Fälle von Pilzinfektionen der Nägel verantwortlich.

Die üblichen Forschungsmethoden brachten bisher keine schlagkräftigen Pilzbehandlungen hervor. Nun setzen die Forschenden ihre Hoffnung auf den Krieg der Pilze.

Das Labor als Arena

Katia Gindro organisierte dazu 580 Zweikämpfe im Labor, wobei sie die Pilze in einer Art Arena gegeneinander antreten liess. Unter den Konkurrenten befanden sich *Fusarium*-Arten, die einerseits infizierten Nägeln entnommen wurden und andererseits von infizierten Pflanzen stammten. Bei diesen Kämpfen bildeten sich teilweise dunkle Linien, wo sich zwei Pilze berührten, wie in Baumstrünken im Wald. In anderen Fällen drang der Stärkere ins Territorium des Gegners vor und bezwang diesen. Doch der Kampf tobte auch auf Distanz, indem chemische Waffen über die Luft eingesetzt wurden.

Diese geben die Pilze dabei nur in geringen Mengen ab, weshalb sie nur mit feinen Messinstrumenten nachweisbar sind. Hier setzt das Labor von Jean-Luc Wolfender an. Für jeden Zweikampf wurden die Molekülcocktails identifiziert und extrahiert, die sich in Friedenszeiten, bei einem getrennten Anbau der Pilze, nicht nachweisen lassen. Anschliessend kultivierten die Forschenden *Fusarium*-Pilze auf Substraten, die mit diesen Cocktails angereichert waren. Falls sich diese als fungizid erwiesen, wurde der verantwortliche Wirkstoff ermittelt. Ebenfalls getestet wurde die Wirkung der Pilze auf Bakterien und ihre bedenkenlose Anwendung bei Pflanzen.

Noch stehen die Wissenschaftler bei der Erforschung der chemischen Waffen von Pilzen am Anfang. Zwar haben sie mit den Cocktails so etwas wie die Stecknadel im Heuhaufen gefunden. Sie haben ausserdem die Pilzkulturen miniaturisiert und optimiert, um die Wirksamkeit zahlreicher Moleküle gleichzeitig testen zu können. Weitere Studien werden zeigen müssen, ob diese Substanzen den Feind auch auf Getreidefeldern oder Patientennägeln auszuschalten vermögen. Auch wenn der Weg bis zu einer Behandlung möglicherweise noch lang ist, sind die bisherigen Ergebnisse ermutigend. ■



Stiller Grabenkrieg: Pilzkulturen in der Petrischale.
Bilder: Katia Gindro, Olivier Schumpp



Die Leishmaniose im Gesicht? Figur der Moche-Kultur (Peru, 200–600 n. Chr.).

Wenn Viren Parasiten helfen

Meist reichen drei Dinge, um von Insekten übertragene Krankheiten zu verstehen: Genaue Kenntnisse des stechenden Tierchens, des Erregers, der durch dieses übertragen wird, sowie die Reaktion unseres Immunsystems. Doch bei der Leishmaniose, einer in den Tropen und in südeuropäischen Ländern verbreiteten Parasiteninfektion, ist ein vierter Akteur an der Krankheit beteiligt, wie Forscher unter der Leitung von Nicolas Fasel von der Universität Lausanne herausgefunden haben. Die Erreger – einzellige Leishmania-Parasiten – können nämlich mit bestimmten Viren befallen sein. Am Mausmodell zeigten die Wissenschaftler, dass Parasiten, die das Virus in sich tragen, schwerere Krankheitsverläufe verursachen

als jene ohne Virusbefall, weil sie sich vermehrt im menschlichen Körper ausbreiten und eine grössere Zahl der für die Leishmaniose typischen Geschwüre an den Schleimhäuten bilden.

Um die Leishmaniose in Schach zu halten, versuchen die Forscher nun, nicht die Parasiten mit Medikamenten zu bekämpfen – was ohnehin schwierig ist –, sondern deren Alliierte, die Viren. Sie entwickeln einen auf ihren Erkenntnissen basierenden neuen Impfstoff. Dieser wirkt gegen die Viren und soll dadurch indirekt eine Infektion mit Parasiten sowie deren Ausbreitung abwenden, womit zumindest schwere Krankheitsfälle verhindert werden könnten.

Fabio Bergamin ■

Kooperativer Zwang

Teamarbeit wird nicht nur in Unternehmen grossgeschrieben, sondern auch bei Bakterien. Einige dieser Einzeller etwa schliessen sich zu so genannten Biofilmen zusammen, die kaum Angriffsflächen bieten. Andere setzen kleine Eiweisse frei, die das lebenswichtige Element Eisen nicht nur für sie selber verfügbar machen, sondern auch für ihre Nachbarn. Der Evolutionsbiologe Daniel Rankin hat an der Universität Zürich untersucht, wie sich die für solche Kooperationen verantwortlichen Gene in Bakterienpopulationen ausbreiten. Die Gene befinden sich oft nicht auf dem Chromosom der Bakterien, sondern auf zusätzlichen, ringförmigen Erbgut-Molekülen, so genannten Plasmiden. Plasmid-Gene können von Eltern auf ihre Nachkommen vererbt werden, aber auch mittels Zell-Zell-Kontakt auf benachbarte Bakterien. Der Forscher hat verschiedene Vorteile der Plasmid-Gene gefunden: Profiteure unter den Bakterien ohne Kooperationsgene können per Ansteckung zur Teamarbeit gezwungen werden. Die «Infektion» erhöht zudem die genetische Verwandtschaft zwischen benachbarten Bakterien, was eine Zusammenarbeit evolutionsbiologisch wahrscheinlicher macht. Nicht zuletzt können Bakterien aus Plasmid-Genen oft grössere Mengen an Genprodukten bilden als aus Chromosomen-Genen. Plasmide sind also enorm wichtig für Bakterien – und damit ein neuer Ansatzpunkt für die Entwicklung von Medikamenten: Antibiotika, die Plasmide angreifen, könnten Krankheitserreger abwehren. **Simon Koechlin** ■



Unterernährung kann zu Unfruchtbarkeit führen: An Magersucht erkrankte junge Frau (Oklahoma, 1997).

Hormonelle Geschlechterdifferenzen

Komplexe hormonelle Regelkreise, in denen Insulin eine wichtige Rolle spielt, steuern nicht nur den Stoffwechsel, sondern wirken auch auf den Hypothalamus ein, wo die Produktion des luteinisierenden Hormons (LH) gesteuert wird. Dieses kommt bei Frauen kurz vor dem Eisprung gehäuft vor – es gibt gewissermassen den Startschuss zur Regelblutung. Bei Männern kommt dem LH ebenfalls eine wichtige Rolle zu; es stimuliert die Bildung des Testosterons in den Hoden. Deckt die Ernährung den Energiebedarf des Körpers über längere Zeit nicht, so bricht die Produktion von LH zusammen – zumindest bei Frauen. Unterernährung kann bei ihnen zu Unfruchtbarkeit führen. Das zeigt sich oft bei magersüchtigen Teenagern, wenn die Regelblutung aussetzt.

Forscher um François Pralong von der Universität Lausanne haben nun genauer untersucht, wie sich die Regelkreise bei Frauen und Männern unterscheiden.

In früheren Studien hatten die Forscher gezeigt, dass das Insulin die Produktion von LH bei Frauen erhöhen kann. Bei Männern fanden die Forscher nun eine im Vergleich zu den Frauen frappierende Konstanz des Hormons: Die LH-Ausschüttung wird bei ihnen weder durch Insulinzufuhr noch durch übertrieben kalorienreiche Kost beeinflusst. Damit liefern die Forscher erstmals einen Beleg für die grundsätzlich unterschiedliche Stoffwechselregulation der Fortpflanzungshormone bei Frauen und Männern.

Roland Fischer ■

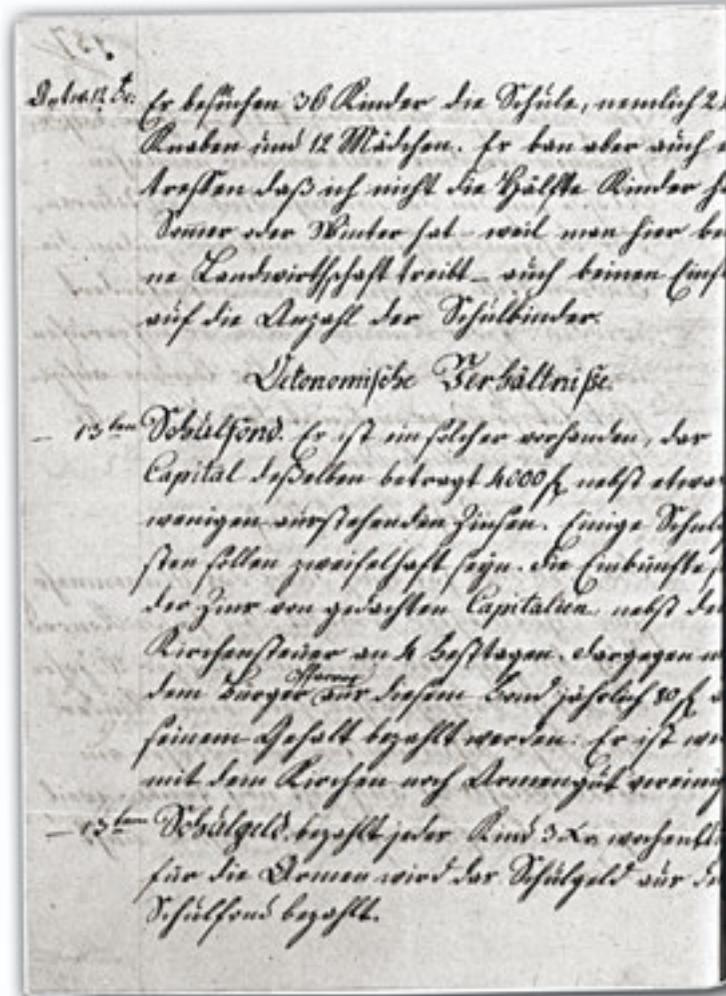
Die Schweiz, eine Schulhochburg

In der Schweiz besuchten um 1800 fast alle Kinder die Schule. Diesen Schluss legt die «Stapfer-Enquête» nahe, eine aussergewöhnliche Schulumfrage der Helvetik. Von Urs Hafner

Vereinfacht gesagt ist die moderne Schweiz das Produkt des liberalen und protestantischen Bürgertums. Dieses schuf das Land in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts nach seinen Vorstellungen, nachdem es den Bürgerkrieg gegen die Konservativen gewonnen hatte. Dabei garnierte es sein Wirken in legitimatorischer Absicht mit einigen Erfolgsgeschichten, beispielsweise mit der Alphabetisierung der Bevölkerung: Die Einführung der obligatorischen Schulpflicht und die Etablierung der Volksschule hätten das Land der mittelalterlichen Unwissenheit entrissen und auf die Bahn des Fortschritts gebracht.

Demokratisierung von oben

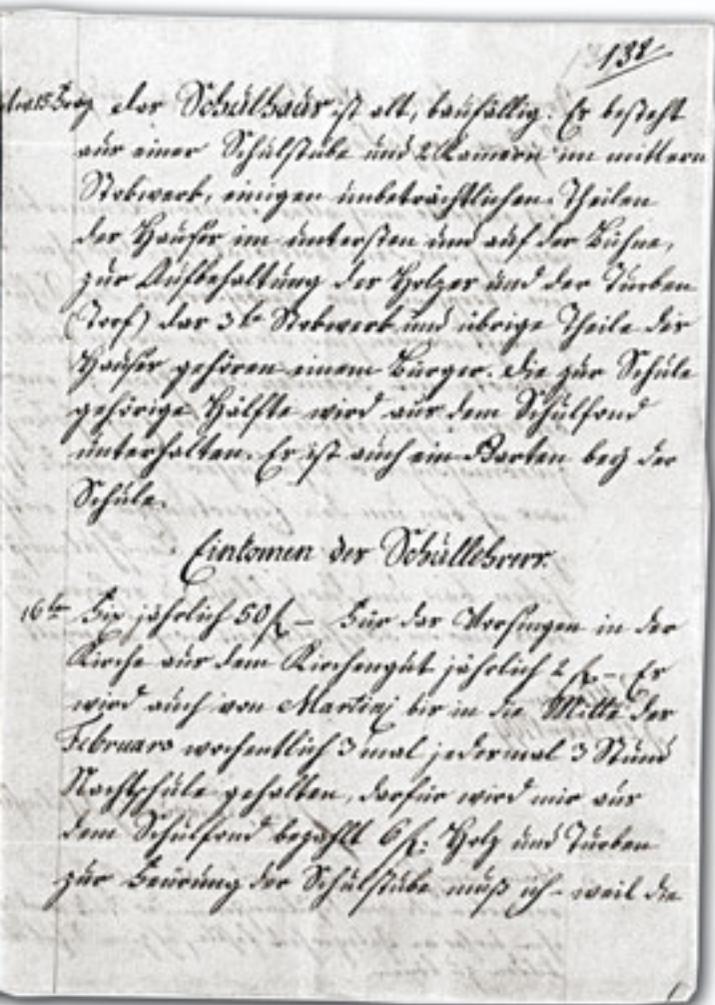
Diese von der liberalen Historiografie gehegte Geschichte sei so nicht mehr haltbar, sagt der Erziehungswissenschaftler Fritz Osterwalder von der Universität Bern. Die Schweiz habe bereits im 18. Jahrhundert ein solides und flächendeckendes Volksschulsystem besessen. Zu dieser überraschenden Einsicht sind Osterwalder und eine achtköpfige Gruppe – darunter vier Dissertierende – aus den Disziplinen Sozialgeschichte, historische Erziehungswissenschaft und Volkskunde mit ihrem Forschungsprojekt «Stapfer-Enquête» gekommen (die interaktive Website: www.stapferenquete.ch). Die Wissenschaftler untersuchen die Umfrage, die Philipp Albert Stapfer 1799 unter allen schweizerischen Volksschulen – dem «Niedereren Schulwesen» – per Fragebogen durchführen liess. Der Berner Pfarrerssohn Stapfer wurde während der helvetischen Republik, während der von 1798 bis 1803 dauernden Napoleonischen Herrschaft, zum Minister der Wissenschaft und Künste ernannt. Als Anhänger der neuen Republik, welche die patrizisch dominierte Eidgenossenschaft per von oben verordneter Aufklärung demokratisieren, vereinheitlichen und zentralisieren wollte, engagierte er sich für die helvetische Nationalidee und plante unter anderem eine Stelle für Nationalkultur, eine Nationalbibliothek, eine Nationaluniversität, ein Nationalarchiv – und ein



gesamtschweizerisches Schulgesetz. Mit dem Ende der Helvetik und der Rückkehr der restaurativen Mächte wurden Stapfers Pläne bis auf Weiteres begraben und die Kantonsfusionen rückgängig gemacht. Erst 1855 wurde die ETH Zürich – unter Berufung auf Stapfer – gegründet.

Einmaliges Unterfangen

Die «Stapfer-Enquête» sei ein für jene Zeit einmaliges Unterfangen gewesen, sagt der Historiker Heinrich Richard Schmidt von der Universität Bern. Zwar seien statistische Umfragen in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts im Trend gewesen; die meisten Staaten hätten damals Umfragen gemacht, um ihre Untertanen effizienter regieren zu können – Statistik bedeute «das Wissen vom Staat». Aber noch nie zuvor und lange nachher nicht habe eine obrigkeitliche Person eine derart systematische Untersuchung durchgeführt und sich dabei an die Betroffenen und nicht an Vorgesetzte gewendet – im Falle Stapfers also nicht an Magistraten oder Pfarrer, sondern an die Lehrer und Lehrerinnen selbst.



erst in Luzern und dann flächendeckend im Kanton Solothurn. Ein grosser Teil der Lehrerinnen und Lehrer war hier methodisch ausgebildet. An katholischen Schulen wurde zudem im Schnitt mehr gerechnet als an reformierten. Schmidt erklärt dieses überraschende Ergebnis damit, dass der permanente interkonnessionelle Kontakt, der durch die Kleinräumigkeit der Schweiz gefördert wurde, dazu geführt habe, dass die Konfessionen um bessere Schulen gewetteifert hätten. Die kommunale Selbstregierung und das hohe Handelsaufkommen hätten zudem die Verbreitung der Schule begünstigt.

Hohe Alphabetisierungsrate

Die Auswertungen zeigen auch, dass an vielen Orten der Schweiz bereits die Schulpflicht bestand. Zwar wurde sie nicht immer eingehalten; viele und vor allem die ärmeren Kinder wurden gezwungen, in protoindustriellen Betrieben zu arbeiten, im Sommer mussten die Bauernkinder auf dem Hof anpacken. Aber es habe kaum ein Kind gegeben, das nicht zur Schule gegangen sei, sagt Fritz Osterwalder – auch die Mädchen. Daher sei die Alphabetisierungsrate in der Schweiz im europäischen Vergleich ausserordentlich hoch gewesen. Die Kinder hätten zudem nicht nur den religiösen Katechismus lesen gelernt, wie dies noch im 17. Jahrhundert üblich gewesen sei, sondern seien auch im Schreiben und Rechnen unterrichtet worden. Diese Fähigkeiten hätten am Ende des 18. Jahrhunderts in den Augen der Obrigkeiten als wichtige Kulturtechniken gegolten. Stapfer wollte diese Fähigkeiten in der neuen Schule systematisch verbessern – für alle Knaben und Mädchen, die künftigen Bürger und Bürgerinnen der Republik.

Auch das bis heute verbreitete Bild des armen und deprimierten Schullehrers, der sich unter der Knute des Pfarrers und im Schatten des Arztes unterbezahlt mit renitenten Kindern herumschlägt, muss revidiert werden. Die meisten Lehrer verdienten überdurchschnittlich viel und hatten im Dorf- und Stadtleben eine geachtete Stellung inne. Unter den Lehrern befanden sich etwa sechs Prozent Frauen, die meisten Ordensangehörige; als Stadtlehrerinnen verdienten sie mehr als die männlichen Kollegen auf dem Land. Aus dem abschliessenden Teil des Fragebogens, der die Befragten zu persönlichen Bemerkungen ermuntert, geht hervor, dass sie sich eloquent ausdrücken konnten und sich engagiert für einen in ihren Augen guten Unterricht einsetzten. Dabei blieben sie pragmatisch, sagt Fritz Osterwalder. Die hochfahrende Pädagogik der deutschen Philosophen hätten sie nicht gekannt – oder nicht gemocht.

Wissen für die Obrigkeit:

1799 füllt Johann Konrad Riby, Schulmeister im thurgauischen Gottlieben, den Stapfer-Fragebogen aus.

Bild: Schweizerisches Bundesarchiv/1054BAR_Bo_10001483_Nr_1463_fol_138

Stapfer habe wissen wollen, was diese über die Schule dächten, um den Unterricht im Geist der Helvetik verbessern zu können, sagt Schmidt.

Stapfer liess an 2500 Schulen je einen Fragebogen verschicken, welche die Forschenden nun transkribieren, edieren und interpretieren. Nicht alle Bögen sind aufgetaucht; die Kantone Tessin und Graubünden – damals Lugano, Bellinzona und Rhätien – fehlen. Aus den Antworten und den rund 60 Fragen, die sich auf das Einzugsgebiet, den Unterricht, die Schüler, die Lehrer und deren Einkommen beziehen, schliessen die Forschenden, dass Volksschulen am Ende des Ancien Régime überall verbreitet waren, nicht nur in den Städten und vor allem nicht nur in den reformierten.

Die Durchsetzung der Bildung ist also keine reformierte Errungenschaft, wie man landläufig noch immer meint: hier die Bibel studierende und den Profit kalkulierende Protestanten, da sich an Festen verlustierende und anschliessend beichtende Katholiken. Die erste institutionalisierte Lehrerbildung der Schweiz wurde auf katholischem Gebiet realisiert,



Das Ende der Segmentierung

Angesichts der starken Zunahme der Langzeitarbeitslosigkeit haben die europäischen Staaten ihre Wohlfahrtsregimes fusioniert. Die Schweiz hinkt hinterher. *Von Xavier Pellegrini*

In Grossbritannien will David Cameron den Rubikon überschreiten: Seine Regierung plant, sämtlichen Empfängerinnen und Empfängern staatlicher Finanzhilfen im erwerbsfähigen Alter künftig unabhängig von ihrem Status denselben Betrag auszuzahlen («universal credit»). Es wird Verlierer geben, deshalb ist das Vorhaben umstritten.

Der Fall unterstreicht die Aktualität einer Untersuchung zweier Forscher des Hochschulinstituts für öffentliche Verwaltung der Universität Lausanne (Idheap). Giuliano Bonoli und Cyrielle Champion

Erniedrigender Gang zum Amt: Arbeitslose betreten in London ein Job-Centre (2009).
Bild: Stephen Hird/Reuters

zeigen in ihrer Studie zur Neugestaltung der Binnenstrukturen der wohlfahrtsstaatlichen Regimes in Westeuropa, dass deren Segmentierung ein weit verbreitetes Merkmal ist, das sich historisch leicht erklären lässt. Im Verlauf des 20. Jahrhunderts mussten die Staaten sukzessive auf unterschiedliche soziale Risiken reagieren, denen Personen im arbeitsfähigen Alter ausgesetzt waren und sind: kurz- oder langfristige Arbeitslosigkeit, Invalidität, Erwerbsunfähigkeit oder zu tiefes Einkommen (Sozialhilfe). Für jeden dieser Fälle sind spezifische Leistungen vorgesehen. Eine Zusammenarbeit zwischen den je zuständigen Institutionen bestand lange Zeit fast überhaupt nicht.

Risikobehaftetes Thema

Diese segmentierte Architektur ist infolge sozioökonomischer Entwicklungen überholt, an erster Stelle wegen der starken Zunahme der Langzeitarbeitslosigkeit. Personen, die das zeitlich befristete Regime der Arbeitslosenversicherung verlassen, geraten in die Abhängigkeit anderer Regimes, beispielsweise der Sozialhilfe und der Invalidenversicherung, deren Hauptzweck nicht der berufliche Wiedereinstieg ist. Doch bildete gerade dieser Wiedereinstieg – und zwar auch von Personen, die dem Arbeitsmarkt lange ferngeblieben sind – das Herzstück der Politiken der vergangenen zwanzig Jahre. Die Rezepte waren unterschiedlich: von der Schulung des Sozialhilfepersonals in Sachen Wiedereinstieg, was die Beibehaltung der Segmentierung bedeutet, über verschiedene Kooperationsmodelle bis zur Fusion von Diensten. Die Schweiz ist eines jener Länder, in denen diese Zusammenarbeit am wenigsten vorangetrieben wurde, obwohl die Verantwortlichen der Sozialhilfe den beruflichen Wiedereinstieg weitgehend an die regionalen Arbeitsvermittlungszentren delegieren, freilich ohne grossen Erfolg. Wie andere Länder auch haben Dänemark und Grossbritannien für Arbeitslose und Sozialhilfeempfänger eine zentrale Anlaufstelle geschaffen.

Der Ausgang des Reformprojekts der Regierung Cameron ist noch offen. Bislang hat einzig in Deutschland eine Revolution stattgefunden, und zwar als der frühere Bundeskanzler Gerhard Schröder die Arbeitslosenversicherung und die Sozialhilfe zusammensetzte, was ihn unter anderem dazu zwang, vorgezogene Neuwahlen herbeizuführen. Das Thema ist politisch ganz offensichtlich risikobehaftet. Der starke Rückgang der Arbeitslosigkeit in Deutschland seit der Inkraftsetzung des Gesetzes 2005 scheint für dessen Wirksamkeit zu sprechen. Allerdings halten die Forschenden fest, dass auch andere Faktoren mitgespielt haben, namentlich die ebenfalls Schröder geschuldete Deregulierung des Arbeitsmarktes. ■



Erzeugen unterschiedliche Klänge: Drei Geigenbögen aus der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts.

Flexibel mit dem Beethoven-Bogen

«Die Geige, das ist der Bogen.» So formulierte es einst der grosse Geiger Giovanni Battista Viotti. Tatsächlich spielt der Bogen bei der Klangerzeugung auf der Geige eine ebenso wichtige Rolle wie das Instrument selbst. Welche Bögen hat man zur Zeit Beethovens in Wien verwendet? Wie klingt das damalige Repertoire, wenn man es mit «Beethoven-Bögen» spielt? Diese Fragen stellte sich eine Gruppe von Forschenden an der Hochschule der Künste Bern unter der Leitung des Musikwissenschaftlers Kai Köpp. Das Projekt legt Wert auf Praxisbezug. So hat man nicht nur versucht, äussere Merkmale der Bögen zu beschreiben. Dozenten und Studierende in Bern haben auch deren Spieleigenschaften erprobt und mit den Beschreibungen in den Quellen verglichen. Da die 200 Jahre alten Originalbögen nicht mehr spielbar sind, hüpfen über die Saiten also nachgebaute Bögen, Kopien. «Die Bögen erscheinen leicht und flexibel. Das mag zunächst irritieren, bringt aber ein neues Verständnis von Artikulation», sagt Köpp. Das Violinkonzert von Beethoven etwa klinge mit einem Wiener Bogen von 1825 feinteiliger, als man es aus später entstandenen Spieltraditionen gewohnt sei. Nun soll gar ein Satz in Orchesterstärke angeschafft werden. Mit dem «Bogen für Beethoven» wird so eine Lücke geschlossen zwischen den in der Szene der Alten Musik verbreiteten Barockbögen und dem modernen Standardmodell. Musikliebhaber wird's freuen. Bogenmacher ebenso. **Benjamin Herzog**

Eiweisshaltige Pflanzen statt Milchpulver

Das Industrieprodukt Milchpulver steht sinnbildlich für den westlichen Kolonialismus, der mit der Entwicklungshilfe des letzten Jahrhunderts verknüpft war. Nach dem Zweiten Weltkrieg führten Uno-Organisationen – die Unicef und die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation FAO – in Lateinamerika Tausende Tonnen Milchpulver ein, um der hungergeplagten Bevölkerung zu helfen. Öffentlich kritisiert wurde diese Politik erst in den siebziger Jahren, als publik wurde, dass Kleinkinder starben, weil man das für die Zubereitung ihrer Milch verwendete Pulver in schmutzigem Wasser aufgelöst hatte. Der Import war indes von allem Anfang an umstritten, und zwar auch innerhalb der Uno, wie die Historikerin Corinne A. Pernet von der Universität St. Gallen nachweist. Das in Guatemala angesiedelte Zentral-

amerikanische Ernährungsinstitut (Incap), das von internationalen Organisationen unterstützt wurde, hielt schon in den späten vierziger Jahren fest, dass jedes Land die Komponenten einer guten Ernährung besitze und seine Ernährungsprobleme selbst angehen könne. Incap wollte vermehrt lokale proteinhaltige Pflanzen nutzen statt Milchpulver einzuführen, das im feuchten Klima schwierig zu lagern war. Auch FAO-Vertreter warnten vor den Konsequenzen, welche die veränderten Ernährungsgewohnheiten nach sich zögen, wenn die Milchschwemme plötzlich versiege. Doch die Argumente hätten nicht verfangen, sagt die SNF-Förderprofessorin. Die betroffenen Regierungen hätten sich zusammen mit der Unicef einer kurzfristigen, als modern geltenden Politik verschrieben. **uha**



Was ist hier Theater und was nicht? Performance und Publikum in einem Zürcher Warenhaus (2011).

Theater in der Stadt

Viele Theater verlassen ab und zu ihre festen Spielstätten und spielen stattdessen im öffentlichen Raum. Solche Aufführungen haben ihren ganz eigenen Reiz, weil sie Eindrücke bieten, die über den Inhalt und die Form der Performance hinausgehen. Forschende um den Dramaturgen und Theaterwissenschaftler Imanuel Schipper von der Zürcher Hochschule der Künste (ZHDK) haben nun solche Stadt-Vorstellungen untersucht, die Künstlerinnen und Künstler des Zürcher Schauspielhauses im Rahmen eines mehrtägigen Festivals an acht öffentlichen Orten der Stadt Zürich gaben – zum Beispiel in einem Hotel, im Bahnhof, in einer Bibliothek und in einem Einkaufszentrum. Die Forschenden

befragten vor, während und nach den Vorstellungen Zuschauer, Bewohnerinnen und Passanten. Obwohl diese ihre Aufmerksamkeit auf die Vorführungen richteten, blieb ihnen das Drumherum oft sogar besser im Gedächtnis haften. «Zuschauer und Bewohner sahen die städtischen Räume, in denen die Theater stattfanden, plötzlich mit anderen Augen; die Plätze und Hallen wurden lebendig», sagt Schipper. Das bedeutet nicht nur, dass die ungewohnten Umgebungen die Aufführungen bereichern. Künstler und Theaterwissenschaftler könnten in Zukunft sogar bei der Stadtplanung helfen, indem sie untersuchten, wie urbane Räume auf Menschen wirken, sagt Schipper. **Simon Koechlin**

Drei Säulen für die Teilchenphysik

Das Higgs-Boson ist entdeckt – was nun? Weitere Beschleuniger bauen? Oder auf die boomende Astroteilchenphysik setzen? *Von Olivier Dessibourg*

Im Sommer 2012 feierte die Physik die (noch zu bestätigende) Entdeckung des geheimnisvollen Higgs-Bosons, eines Teilchens, das jahrzehntelang gejagt wurde. Jetzt machen sich die Physiker und Physikerinnen Gedanken über die Zukunft ihrer Disziplin. Welchen Beschleuniger werden sie in 30 Jahren benötigen? Wie muss er gebaut sein? Und welchen Platz sollen sie einer zurzeit blühenden Nachbardisziplin einräumen: der Erforschung von Astroteilchen, die den interstellaren Raum durchkreuzen? In dieser Diskussion hat die Schweiz gute Karten, da sie in der Teilchenphysik führend ist.

«Genf beherbergt das Cern, das mit dem LHC-Beschleuniger zu einem einzigartigen Anziehungspunkt in diesem Bereich geworden ist. Das verschafft unserem Land viel Aufmerksamkeit», sagt Klaus Kirch, Physiker an der ETH Zürich und am Paul-Scherrer-Institut und Präsident des Schweizer Instituts für Teilchenphysik. «Hunderte von Schweizer

Forschenden sind wesentlich an den Experimenten des Cern beteiligt.» Das bestätigt auch Giuseppe Iacobucci, Physiker an der Universität Genf: «Beim Atlas-Experiment sind zwar nur 1,5 Prozent Schweizer beschäftigt, aber die Betreffenden tragen eine grosse Verantwortung.» Immerhin präsidiert ein Professor der ETH Lausanne, Tatsuya Nakada, die Strategieguppe, die dem Cern-Rat im Mai 2013 Empfehlungen darüber abgeben wird, wie die Organisation die Weichen für die Zukunft stellen soll.

Bevor der Blick in allzu weite Ferne schweift, stellt Martin Pohl, Physiker an der Universität Genf, jedoch klar: «Angesichts der enormen Investitionen, gerade auch der Schweiz, ist unsere Forschungsgemeinde der Ansicht, dass zuerst das Potenzial des LHC ganz ausgeschöpft werden sollte.» Giuseppe Iacobucci pflichtet bei: «Wir sind alle noch immer in heller Aufregung. Die erste wichtige Entdeckung ist gemacht. Und es werden weitere folgen. Mit den bis

2018 vorgesehenen Verbesserungen des LHC wird uns die Arbeit bis mindestens 2023 nicht ausgehen.»

Bei einem internationalen Symposium in Krakau wurde jüngst darüber diskutiert, ob die fantastische Wissenschaftsmaschine des Cern bis 2035 weiter entwickelt werden soll. «Noch ist nichts entschieden», sagt Klaus Kirch. «Fest steht nur, dass wir den Fokus unserer Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten auf das Material richten wollen, das bei Beschleunigern und Astroteilchen-Detektoren eingesetzt wird.» Gerade in diesem Bereich glänzt die Schweiz, nicht zuletzt dank dem Paul-Scherrer-Institut. «Das Institut bietet ein weltweit einzigartiges Umfeld für Präzisionsexperimente im Bereich der Teilchenphysik.» In Krakau wurde betont, dass hier Bedarf besteht.

Es ist deshalb keine Überraschung, dass die vom Schweizer Institut für Teilchenphysik ausgearbeitete Roadmap der Hochenergiephysik höchste Priorität einräumt. Sie sieht noch zwei weitere Prioritäten vor. Martin Pohl: «Eine betrifft die Neutrinos, jene geisterhaften Teilchen, die kaum mit Materie interagieren. Die kürzlich erfolgte Entdeckung, dass sie doch eine Masse aufweisen, war eine kalte Dusche. Nun kommt viel Arbeit auf uns zu, aber wir sind auf dem richtigen Weg.» So ist das Cern Ausgangspunkt des Opera-Experiments, bei dem Neutrinos zur Untersuchung ihrer Eigenschaften unterirdisch bis zum 732 km entfernten Labor ins italienische Gran Sasso gejagt werden. «Ein weiteres Experiment, bei dem das Ziel in 2300 km Entfernung in Finnland liegt, ist bereits auf dem Tisch, und die Leitung liegt bei der ETH Zürich», freut sich Klaus Kirch.

Ein linearer Beschleuniger

Die dritte Priorität schliesslich liegt bei Experimenten der Astrophysik, die grundlegende Fragen beantworten sollen. Laura Baudis nennt ein Beispiel: «Woraus besteht die mysteriöse dunkle Materie, die einen Drittel des Universums einnimmt?» Die Physikerin der Universität Zürich hat die Suche nach Astropartikeln zu ihrem Spezialgebiet gemacht. «Einige solcher Teilchen haben eine mehrere Milliarden Mal grössere Energie als diejenigen, die wir in unseren Beschleunigern auf der Erde erzeugen können», erklärt Martin Pohl. «Sie zu untersuchen ist zentral, wenn wir mehr über die Entstehung des Universums erfahren wollen.» Auch auf diesem Gebiet forschen Schweizer Gruppen auf höchstem Niveau.

Beim Kolloquium in Krakau kam auch der Bau eines neuen Beschleunigers bis 2025 zur Sprache, der im Gegensatz zum LHC nicht ringförmig, sondern linear angelegt werden soll. «Japan hat sich als Standort beworben, und meines Erachtens sollte Europa diese Initiative unterstützen», sagt Klaus Kirch. Besteht nicht die Gefahr, dass sich das Gravitationszentrum der Teilchenphysik dann nach Asien



verlagert? Klaus Kirch: «Ein Beschleuniger ist nicht alles ... Die Auswirkungen auf das Cern und die Schweizer Forschenden wären begrenzt.»

Laura Baudis unterstützt die aktuelle Vorrangstellung der Beschleunigerphysik, trotz Argumenten zugunsten ihres Gebiets: «Für die Astroteilchen müssen wir keine komplexen Beschleuniger bauen, wir brauchen nur Detektoren. Es lassen sich genauso grosse Fortschritte wie mit dem LHC erreichen, aber zu wesentlich geringeren Kosten.» Der LHC und seine Experimente haben zehn Milliarden Franken gekostet, das Budget für einen Detektor für dunkle Materie liegt in der Grössenordnung von etwa zehn Millionen. Sie selbst leitet ein auf rund fünfzig Millionen geschätztes Projekt (Darwin). «Wir würden gerne die Führung behalten, aber wir werden kämpfen müssen. Hoffentlich mit Unterstützung der Schweiz.»

Die Ambitionen der Roadmap kennen keine Grenzen – die finanziellen Mittel dagegen schon. In der Schweiz sollen im Rahmen der neuen Initiative Flare des Schweizerischen Nationalfonds von 2013 bis 2016 insgesamt 26,5 Millionen Franken zur Entwicklung von Instrumenten für Grossprojekte in der Teilchenphysik oder Astrophysik bereitgestellt werden. «Allein für das Jahr 2012 rechnen wir allerdings mit Aufwendungen von 10,4 Millionen Franken, 8,2 für die Teilchenphysik und 2,2 für die Astroteilchenphysik», gibt Martin Pohl zu bedenken.

Damit die Schweiz eine Führungsrolle behalten kann, wird deshalb unisono nach einer Erhöhung der Mittel gerufen. Nur so können alle sich gegenseitig ergänzenden Säulen der Strategie gestützt werden. Sonst würde man vor einer schwierigen Wahl stehen. «Dafür ist es heute noch zu früh», ist Klaus Kirch überzeugt. Laura Baudis bleibt optimistisch: «In der Schweiz finden wir immer eine Lösung.» ■

Mit Maschinen das Universum denken: Der Atlas-Detektor des LHC im Cern, Genf (links). Laura Baudis sucht an der Universität Zürich nach Astroteilchen (oben).
Bilder: Peter Ginter/Nikhef/Cern (links), Hans-Christian Wepfer/Lab25



Im Labor, nicht in der Ü-30-Disco:

Die farbigen Laserstrahlen sollen bald Industrieroboter leiten. Bild: Hans-Christian Wepfer/Lab25

Lichtpunkte als Orientierungshilfe

GPS-Systeme werden heute vor allem im Freien eingesetzt. Für Innenräume gibt es noch kein entsprechendes System, aber vielversprechende Vorarbeiten. *Von Felix Würsten*

Die eigene Position an fast jedem Ort genau zu bestimmen ist heute dank GPS kein Problem mehr – zumindest im Freien. Anders sieht die Situation in Innenräumen aus: In Kellern, grossen Fabrikhallen oder Tunnels können die Signale der GPS-Satelliten nicht ohne Behinderung empfangen werden. Dementsprechend nutzlos sind dort die GPS-Messgeräte.

So wie sich GPS bei vielen Aussenanwendungen als unverzichtbares Instrument etabliert hat, gibt es auch für geschlossene Räume eine grosse Nachfrage nach einem solchen System. «Das Thema ist aktuell», erklärt Rainer Mautz, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich. «Als wir vor zwei Jahren erstmals eine Konferenz zu diesem Thema durchführten, hatten wir auf Anhieb über 400 Anmeldungen.»

Ideen, wie ein solches System funktionieren könnte, gibt es viele. Durchgesetzt hat sich bisher keine. «Es gibt Trends, aber noch keine klare Richtung», stellt Mautz fest. Ein Grund dafür ist, dass ein Positionierungssystem zahlreiche Anforderungen erfüllen muss: Es sollte genau und zuverlässig sein, nach Möglichkeit nicht nur die Position angeben, sondern auch die Orientierung, es darf Signale nur so aussenden, dass es legal betrieben werden kann, und sollte ohne sperrige und störende Installationen auskommen. Und nicht zuletzt sollte es die Datensicherheit und den Schutz der Privatsphäre gewährleisten.

Mautz hat für das Projekt Clips ein Positionierungssystem entwickelt, das die erwähnten Anforderungen zumindest teilweise erfüllt. Kernstück ist eine Basisstation, von der aus mehrere Laserstrahlen in den Raum geschickt werden, die auf den Wänden oder der Decke Lichtpunkte erzeugen. Richtet man eine Kamera so aus, dass diese die Lichtpunkte erkennt, lässt sich anhand des aufgenommenen Bildes berechnen, wo sich die Kamera befindet und wie sie orientiert ist.

Vom Labor auf die Baustelle

«Unser System hat verschiedene Vorteile», sagt Mautz. «Es ist einfach, kostengünstig und gleichzeitig präzise, kann es doch die Position der Kamera auf wenige Millimeter genau bestimmen. Und es benötigt keine aufwändigen Installationen. Das macht es auch für Kurzeinsätze interessant.» In einem nächsten Schritt möchte Mautz nun ein praxistaugliches System entwickeln. «Wir sind im Moment mit einem Baumaschinenhersteller im Gespräch, der unsere Idee weiterverfolgen möchte. Ziel wäre ein mobil einsetzbares System, das sich für Baustellen eignet.»

Das Spektrum an möglichen Anwendungen geht aber weit über Baustellen hinaus. Mit einem Positionierungssystem für Innenräume liessen sich beispielsweise Industrieroboter oder Transportanlagen in Fabrikhallen präziser steuern, in öffentlichen Gebäuden könnten sich die Besucher einfacher orientieren, und sogar in der Altenpflege könnte ein solches System wertvolle Dienste leisten. ■

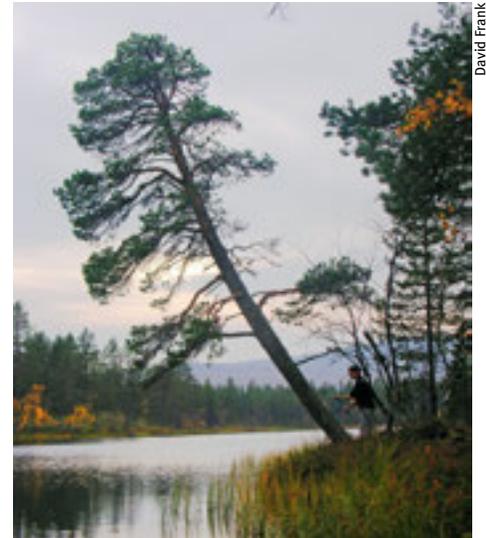
Ein Drucker für Nanostrukturen

Nanostrukturen herzustellen ist nicht ganz einfach – die benötigten Werkzeuge zur Fabrikation in Grössenordnungen von einem Milliardstel Meter sind alles andere als konventionell.

Wie praktisch wäre es da, Nanostrukturen einfach drucken zu können! Eine Forschungsgruppe um Dimos Poulidakos von der ETH Zürich konnte diesbezüglich unlängst einen erstaunlichen Erfolg vermelden: Es ist ihr gelungen, mit einem Tintenstrahldrucker in Nanogrössenordnung feinste Strukturen wie Punkte und Linien zu drucken. Dazu kommen feinste Kapillaren zum Einsatz, aus denen durch kurzzeitig angelegte Spannungen Tropfen mit einem Durchmesser von

50 Nanometern schiessen. Die Tropfen bestehen aus einem Lösungsmittel mit Nanoteilchen, die sich rasch zu festen Strukturen zusammenfügen, wenn das Lösungsmittel verdunstet. Das funktioniert mit verschiedensten Materialien; gezeigt haben die Forscher die Funktionsweise mit Goldpartikeln, aber auch Nichtmetalle kommen in Betracht.

Anwendungen gibt es viele, vor allem in der Oberflächenbehandlung, beispielsweise für Materialien mit spezifischen optischen Eigenschaften. In den nächsten Jahren wollen die Forscher einen Drucker mit mehreren Kapillaren bauen und so grossflächige Anwendungen realisieren. **Roland Fischer** ■



David Frank

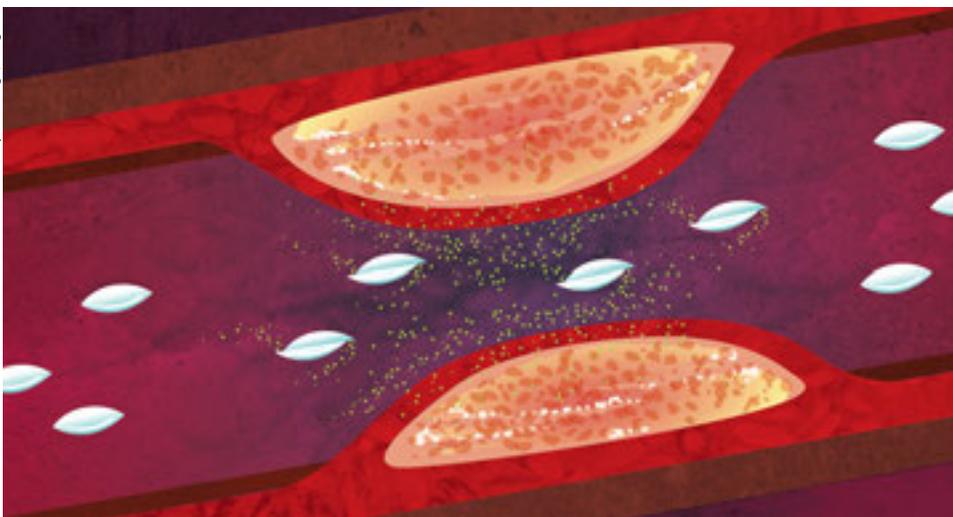
Kiefer mit Forscher in Lappland: Bohrproben liefern Anhaltspunkte für die Klimaentwicklung.

Langsame Abkühlung

Das Klima hat sich über die letzten 2000 Jahre hinweg offenbar stärker verändert als bisher angenommen – zumindest im hohen Norden Skandinaviens. Zu diesem Schluss kommt ein internationales Forscherteam, an dem Wissenschaftler der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft beteiligt sind. Die Forscher haben im finnischen Teil Lapplands Hunderte von lebenden und subfossilen Baumproben untersucht und aufgrund der Jahrringe die Entwicklung des nordeuropäischen Sommerklimas mit bisher noch nie erreichter Präzision rekonstruiert. Dabei machten sie sich die idealen Umweltbedingungen in Finnland zunutze, findet man doch in den dortigen Seen häufig subfossile Kiefern, die über lange Zeit hinweg konserviert wurden.

Die Daten belegen, dass das Klima in den hohen Breiten über die Jahrhunderte hinweg Schwankungen unterworfen war. Zur Zeit der römischen Antike und im Mittelalter war das Klima vergleichsweise mild, während der Völkerwanderung und in der kleinen Eiszeit im 15. und 16. Jahrhundert hingegen deutlich kühler. Gleichzeitig stellen die Forscher auch eine langfristige Abkühlung fest. Bis zum Beginn der Industrialisierung haben die Temperaturen um etwa 0,3 Grad Celsius pro Jahrtausend abgenommen. Diese Abkühlung führen die Forscher auf den veränderten Abstand der Erde zur Sonne zurück. Die neue Studie liefert wichtige Grundlagen, um den aktuellen Klimawandel besser mit früheren Warmphasen vergleichen zu können. **Felix Würsten** ■

Moser Graphic Design/hcuge.ch



Intelligente Nanocontainer: An der verengten Stelle einer Arterie setzen sie den Wirkstoff frei (Illustration).

Mit der Scherkraft gegen Arteriosklerose

Arteriosklerose ist die weltweit häufigste Todesursache. In der Schweiz fordert sie jedes Jahr über 20 000 Menschenleben. Die Krankheit geht mit einer Verengung der Arterien einher. Zwar stehen wirksame Medikamente zur Verfügung, diese sind aber nicht spezifisch auf Arteriosklerose ausgerichtet. Das trifft insbesondere auf Vasodilatoren zu: Sie erweitern nicht nur die kranken, sondern auch die gesunden Blutgefässe, was oft zu Nebenwirkungen führt.

Forschende der Universitäten Freiburg und Basel und des Universitätsspitals Genf haben nun einen Weg gefunden, wie einzig die betroffenen Gefässe erreicht werden. Sie entwickelten dazu neue, linsenförmige Nanocontainer: «Diese setzen den Wirkstoff gezielt in

den Bereichen frei, in denen die Gefässe verengt sind», sagt Till Saxer von der Abteilung für Kardiologie und allgemeine innere Medizin des Universitätsspitals Genf. Die Wissenschaftler nutzen dabei ein physikalisches Phänomen: die Scherkraft. Scherkräfte entstehen durch unterschiedliche Geschwindigkeiten einer fließenden Flüssigkeit. Sie treten also auch in den Blutgefässen auf, und zwar umso stärker, je geringer der Durchmesser eines Gefässes wird. Im Bereich von Gefässverengungen sind die Kräfte deshalb besonders gross und bringen die Nanocontainer dazu, ihren Inhalt freizusetzen. Die intelligenten Nanocontainer wurden in vitro bereits getestet und funktionierten. Erste Tierversuche sollen in einem Jahr beginnen. **Elisabeth Gordon** ■



Tausend neue Assistenzprofessuren

Wenn die Schweiz ihre universitären Hierarchien nicht massiv umbaut, wird sie ihre Eliten vorwiegend aus dem Ausland einkaufen müssen, befürchten junge Forschende. *Von Valentin Amrhein, Illustration David Cutler*

Die sechs Forschenden verschiedener Disziplinen nennen ihre Analyse «Vision 2020»: Die Schweiz schaffe es immer schlechter, einheimische wissenschaftliche Talente zu einem akademischen Karriereversuch zu animieren, weil die universitäre Laufbahn zu unattraktiv sei. Das liege an den steilen Hierarchien an den Universitäten. Im Vergleich zum angelsächsischen Raum sei eine akademische Karriere in der Schweiz besonders unsicher.

Bessere Chancen

«Vision 2020» präsentiert einen Vergleich zwischen den Hochschulsystemen der Schweiz, Schwedens und der USA. Demnach gibt es in der Schweiz viel mehr befristete Postdocs als Professuren. In den Vereinigten Staaten und Schweden dagegen übertrifft die Anzahl fest angestellter Wissenschaftler die Anzahl befristeter Postdocs bei weitem. Junge Forschende haben dort also eine viel höhere Chance auf eine dauerhafte Anstellung an einer Universität.

«In der Tat haben wir in der Schweiz pro Professor sehr viele Postdocs», erklärt Ulrich Suter, emeritierter ETH-Professor und Präsident der Schweizerischen

Akademie der Technischen Wissenschaften. Grundsätzlich seien aber die USA und die Schweiz schlecht vergleichbar. Viele der amerikanischen Professuren befänden sich an Hochschulen, die qualitativ niedrigere Ansprüche hätten als unsere zwölf schweizerischen universitären Hochschulen. Das bedeutet aber auch: Kommt jemand in den USA an einer Spitzenuniversität nicht weiter, hat er oder sie immer noch gute Chancen auf eine Stelle an einem weniger renommierten Institut.

In der Schweiz dagegen wird man als hochqualifizierte Forscherin oder Forscher häufig entweder ins Ausland gezwungen oder muss sein Heil ausserhalb der Universitäten suchen – wenn es dafür nicht zu spät ist. «Wer sich mit 45 Jahren erstmals in der Wirtschaft versucht, landet meist unsanft oder ist oft nicht mehr zu gebrauchen. Glücklicherweise das Land, das sich einen solchen Ressourcenverschleiss leisten kann», schreiben die Autoren von «Vision 2020». Die Initianten schlagen vor, die Anzahl Postdocs zu reduzieren: durch strengere Selektion bei der Vergabe befristeter Stellen nach dem Doktorat und durch die Verkleinerung der mit vielen befristeten Stellen ausgestatteten «schwerfälligen Grossordinariate». Die wichtigste Massnahme aber wäre die Schaffung neuer Stellen: Mit Bundesgeldern soll für die Universitäten ein Anreiz geschaffen werden, bis zu 1000 neue Assistenzprofessuren mit Tenure Track einzurichten, also mit der Option auf Festanstellung bei hervorragender Leistung.

In der föderalistischen Schweizer Hochschullandschaft wird das teilweise als Eingriff in die Autonomie der Universitäten aufgefasst. «Die Freiheit der Universitäten bliebe gewahrt, indem sie das Angebot des Bundes annehmen könnten oder auch nicht», entgegnet die Biologin Uta Paszkowski, eine der Autorinnen der «Vision 2020». Sie ist selber Leidtragende des Systems: Nach Ablauf ihrer SNF-Förderungsprofessur erhielt sie keine feste Stelle in der Schweiz. Inzwischen ist sie Senior Lecturer in Cambridge. Nachdem der Bund Millionen in ihre Ausbildung investiert hat, muss sie ihr Talent nun dem Ausland zur Verfügung stellen. Wenigstens darf sie das an einer der besten Universitäten der Welt tun. ■

«Ein vollkommen antiquiertes Bild»

Antonio Loprieno, Rektor der Universität Basel und Präsident der Rektorenkonferenz der Schweizer Universitäten (CRUS), lehnt die Schaffung von neuen Assistenzprofessuren ab.

Herr Loprieno, was halten Sie von der «Vision 2020»?

Das Anliegen, das die jungen Forschenden in ihrer Initiative äussern, ist berechtigt. Aber sie vermitteln ein vollkommen antiquiertes Bild der schweizerischen Universitäts-Landschaft. Die alte Hierarchie mit den Professoren, die in ihren Königreichen residieren, gibt es nicht mehr. Die schweizerischen Universitäten haben sich auf die Bedürfnisse der jungen akademischen Kräfte im Mittelbau eingestellt, zum Beispiel mit der Schaffung von Tenure-Track-Assistenzprofessuren.

Aber die Initianten argumentieren ja, wir bräuchten mehr feste Assistenzprofessuren.

Radikale Änderungen sind die falsche Medizin. Weitere Festanstellungen und damit eine «Verbeamtung» eines Teils des akademischen Mittelbaus würden das System auf Jahrzehnte blockieren. Das ist so in Frankreich und in Italien passiert. In Deutschland hatte man einen Mittelbau mit fest angestellten akademischen Räten; mit den neuen befristeten Junior-Professuren wurde das System flexibilisiert. Wenn wir das Geld durch temporäre Stellen im Fluss halten, geben wir immer neuen Nachwuchskräften die Chance, sich zu qualifizieren. Wir brauchen vor allem neues «soft money»: mehr Stellen, aber befristet. Damit würde auch der Pool zur Auswahl von Kandidaten für die festen Professuren grösser.

Und was machen die vielen nicht gewählten Kandidaten, wenn ihre temporären Stellen ausgelaufen sind?

Ich hoffe, dass unsere höchst qualifizierten Wissenschaftler auch für gute Positionen in der Verwaltung oder der Industrie geeignet sind. Dass die Luft oben dünner wird, ist nun einmal eine Eigenschaft der akademischen Welt. Wir haben momentan kein real existierendes akademisches Pro-



Andreas Zimmermann/unibas.ch

blem, denn die Schweizer Forschung hat weltweit eine Spitzenposition. Wir haben jedoch ein gesellschaftliches Anliegen, weil die Professuren häufig mit ausländischen Kräften besetzt werden. Unsere Idee: Vergrössern wir den Mittelbau mit befristeten Stellen, damit wir aus mehr einheimischen Fachkräften auswählen können!

Was würde passieren, wenn die Universitäten, wie die Initianten vorschlagen, zur Finanzierung eines neuen Mittelbaus die «schwerfälligen Grossordinariate verkleinern»?

Dann würde es weniger Geld zur Anstellung von «Koryphäen» geben. Diesen Preis müssen wir vielleicht bezahlen; aber wir müssen uns bewusst sein, dass wir dadurch weniger Professuren mit Leuten besetzen können, die international als Leuchttürme fungieren. Bei Neubesetzungen werden zum Teil bereits heute die Strukturen verkleinert und dafür mehr Stellen geschaffen. An der Universität Basel etwa gibt es den Begriff des «Ordinariats» nicht mehr; wir haben heute Assistenz-Professoren, assoziierte Professoren und Professoren. Ein Ziel ist auch, das Geld nicht mehr direkt den Professuren zu geben, sondern den Fakultäten, die die Mittel leistungsabhängig verteilen. Das System bewegt sich also bereits in die Richtung, die von den Initianten vorgeschlagen wird. Wir brauchen daher keine von oben verordnete Modifizierung. Interview va ■



Wider die Kraut- und Knollenfäule

Gentechnologisch veränderte Pflanzen könnten auch der Schweiz Vorteile bieten. Was nachhaltige Landwirtschaft bedeutet, wird neu zu diskutieren sein.

Von Stefan Stöcklin

Werden in Zukunft gentechnisch veränderte Pflanzen auf Schweizer Äckern wachsen? Die Akademien der Wissenschaften blicken in einem Bericht über das Anbaumatorium hinaus. Die Verfasser um Patrick Matthias vom Forum Genforschung beschreiben Vor- und Nachteile schädlingsresistenter Äpfel, herbizidresistenter Zuckerrüben oder gegen Kraut- und Knollenfäule resistenter Kartoffeln. Diese Pflanzen werden derzeit entwickelt. Das Fazit: «Die Schweiz setzt auf eine produktionssteigernde, nachhaltige Landwirtschaft, die qualitativ hochwertige Produkte erzeugt und das Einkommen der Bauern verbessert. Neue und etablierte Züchtungsmethoden, die sich der Gentechnik bedienen, unterstützen diese Strategie.»

Cisgene Gewächse:

So könnten pilzresistente Kartoffelknollen aussehen (Symbolbild).

Bild: Gaetan Bally/Keystone

Wilhelm Gruitman von der ETH Zürich, der an der Ausarbeitung des Berichts beteiligt war, fände es sinnvoll, wenn in Zukunft pilzresistente Kartoffeln auf Schweizer Äckern wachsen würden. Die Bauern bekämpfen die Kraut- und Knollenfäule heute mit synthetischen Fungiziden oder Kupferpräparaten. «Die Gentechnik kann den Einsatz dieser chemischen Mittel reduzieren und würde zur Schonung der Umwelt beitragen», sagt der Pflanzenbiotechnologe. Resistenzgene aus wilden Kartoffelsorten könnten dank gentechnischen Verfahren direkt und rascher in kommerzielle Sorten eingekreuzt werden als mit konventionellen Züchtungsmethoden.

Sanfte Verfahren

Die pilzresistenten Kartoffeln sind ein Beispiel so genannt cisgener Pflanzen, bei denen Gene aus nah verwandten, aber nicht aus artfremden Pflanzen und Organismen übertragen werden. Sie gilt als sanfte Variante der grünen Gentechnik. Ein ähnliches Projekt mit Gala-Äpfeln hat der Forscher Cesare Gessler von der ETH Zürich im Rahmen des soeben beendeten Nationalen Forschungsprogramms über «Nutzen und Risiken der Freisetzung gentechnisch veränderter Pflanzen» (NFP 59) bearbeitet. Gessler züchtete cisgene Apfelbäume mit einem Resistenzgen aus Wildäpfeln gegen Apfelschorf.

Trotz sanfter Verfahren: Die Kritiker sind skeptisch. Die Biobäuerin und Nationalrätin Maya Graf (Grüne Partei) sieht zwar keinen Schaden, aber auch keinen Nutzen. «Seit Jahren verspricht man uns sinnvolle Anwendungen, aber bisher habe ich nichts Überzeugendes gesehen.» Statt Geld für Gentechnologieprojekte auszugeben, würde man besser in ökologische Saatgutzucht investieren, findet sie. Für die Verfasser des Berichts existiert dieser Gegensatz nicht. Sie fordern eine Stärkung gerade der öffentlichen Agrarforschung, auch um die Abhängigkeit von grossen Saatgutfirmen zu mindern. Für sie sind gentechnologische Methoden Teil der ökologischen Saatgutzucht.

Der Landwirt und Nationalrat Markus Ritter (CVP), Mitglied im Vorstand des Bauernverbands, äussert sich zwar zurückhaltend, will aber einen Anbau von Gentechnopflanzen in der Zukunft nicht ausschliessen. «Im Falle von pilzresistenten Kartoffeln müsste einwandfrei bewiesen sein, dass sie für den Konsumenten und die Umwelt ungefährlich sind.» Zudem sei die Wirtschaftlichkeit und unproblematische Koexistenz mit konventionellen Kulturen wichtig. – Das NFP 59 hat die kontroverse Diskussion zur Gentechnik nicht beendet, aber es hat zu einer Versachlichung der Diskussion beigetragen. ■

Solarpanel statt Wiese?

Die Energiewende wird die schweizerische Landschaft stark verändern, aber sie soll sie nicht zersiedeln. *Von Marcel Falk*

Im flachen Norden Deutschlands überragen sie alles: die über 100 Meter hohen Windturbinen. Alle paar Kilometer stehen Gruppen der gemächlich rotierenden Riesen. Sind sie elegant? Oder verschandeln die «Windspargeln» die Landschaft? Jedenfalls produziert der Wind mittlerweile rund acht Prozent des Stroms in Deutschland. Wie wird eine Schweiz aussehen, die 50 Prozent ihres heutigen Energieverbrauchs aus erneuerbaren Quellen bezieht? Gemäss eines Ausbauszenarios könnte dies in weniger als 40 Jahren der Fall sein. Das würde bedeuten: 40 Prozent aller Dächer tragen Solarpanels, 1700 neue Kleinkraftwerke stauen Gewässer, die Zahl der Windanlagen steigt von heute 28 auf 600. Dazu kommen Geothermie und die vermehrte Nutzung von Biomasse, insbesondere aus dem Wald.

«Das Szenario zeigt nur eine mögliche Entwicklung. Klar aber ist, dass die Schweiz die Produktion erneuerbarer Energie stark ausbauen muss. Wir sollten dabei die Fehler, die zur Zersiedelung führten, nicht wiederholen», sagt Urs Neu. Als Leiter einer Studie der Akademien der Wissenschaften Schweiz durchforstete er zusammen mit rund 50 Expertinnen und Experten das Ausbauszenario nach möglichen Konflikten – und nach Lösungsansätzen. Herausgekommen ist eine Art Schlichtungsleitfaden: «Lösungsansätze für die Schweiz im Konfliktfeld erneuerbare Energien und Raumnutzung» (www.akademien-schweiz.ch).

Unumgängliche Kompromisse

Urs Neu verschweigt nicht, dass die Konflikte bis in die Expertengruppen reichten. «Einige wollten den möglichen Bau von Solaranlagen auf Freiflächen im Bericht nicht einmal erwähnen», sagt Neu. Dabei würden solche Projekte, etwa in einem Steinbruch am Walensee, bereits öffentlich diskutiert. Im Kern herrschte jedoch grosse Einigkeit: Energie- und Raumplanung müssen zusammengehen, und es gilt, die nationale Koordination zu stärken. «Sonne und Wind stehen nicht in allen Kantonen gleichermaßen zur Verfügung. Wir wollen möglichst effiziente Anlagen, also müssen wir uns national absprechen», sagt Neu.

In der Raumplanung sollen so genannte Vorrang-, Reserve- und Ausschlussgebiete definiert

werden. Vorranggebiete sind gemäss Bericht heute schon stark technisch geprägte Landschaften, die sich zur Produktion erneuerbarer Energie eignen. Dort wäre diese prioritär. In Schutzgebieten der höchsten Kategorie soll dagegen ganz auf Anlagen verzichtet werden. Der Bundesrat zielt in die gleiche Richtung. Im Massnahmenpaket zur Energiewende, das bis Januar 2013 in Vernehmlassung ist, berücksichtigt er die Knackpunkte der Raumnutzung.

«Das Ziel ist, den Interessen von Natur- und Heimatschutz, aber auch der Landwirtschaft und des Tourismus möglichst entgegenzukommen und dennoch ausreichend erneuerbare Energie zu produzieren», sagt Neu. Konflikte – und damit Kompromisse – sind unumgänglich. Neu setzt dabei auch auf die Zeit: «Man wird sich vermutlich an viele Anlagen gewöhnen. In Deutschland etwa gehören Solarpanels auf Dächern bereits zum gewohnten Bild einer Siedlung.»

Naturschutz, Landwirtschaft und Tourismus unter einen Hut bringen: Das Fotovoltaik-Sonnenkraftwerk der Bernischen Kraftwerke BKW auf dem Mont-Soleil.

■ Bild: Heinz Leuenberger/Desair/Keystone





Professor Würmli versucht vehement, sein deterministisches Weltbild aufrecht zu erhalten.

Kommt augenblicklich vom Schrank runter!

Weniger aus Überzeugung denn aus Angst, es seelisch nicht verkraften zu können, nur zufällig Professor für Quantenmechanik geworden zu sein.

widmer

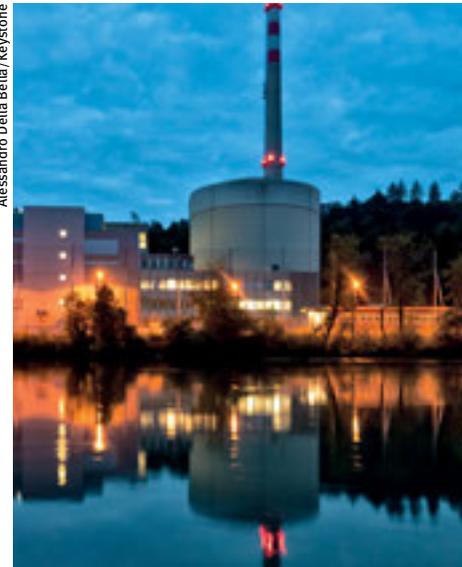
NFS Mics: Der Vorhang fällt

Der Nationale Forschungsschwerpunkt «Mobile Informations- und Kommunikationssysteme» (NFS Mics) hat seine Forschungstätigkeit in diesem Herbst nach zwölf Jahren abgeschlossen. Der an der EPFL verankerte NFS hat seit 2001 Brücken zwischen verschiedenen Disziplinen geschlagen wie beispielsweise Informatik, Kommunikations- und Umweltwissenschaften. Dadurch konnten an der EPFL 15 neue Professuren geschaffen werden. Der NFS hat zudem mit Unternehmen wie Microsoft, Nokia und Siemens zusammengearbeitet und zur Gründung von zehn Startup-Firmen beigetragen. In seinem Rahmen wurden 280 Doktorierende ausgebildet. Mit dem NFS Mics schliesst der erste der insgesamt zwölf NFS der ersten Serie ab. Die anderen beenden ihre Aktivitäten bis spätestens Anfang 2014.

Ausgezeichnete Wissensvermittler

Um die öffentliche Vermittlung und Diskussion von Wissenschaft zu fördern, verleihen die Akademien der Wissenschaften den Prix Média für herausragende Medienbeiträge und den Prix Expo für Ausstellungen. 2012 wurde der Prix Média an folgende Journalistinnen und Journalisten verliehen: Fleur Daugey (La Salamandre), Sabine Bitter, An Lac Truong Dinh, Odette Frey und This Wachter (Radio DRS), Cécile Guérin (RTS) sowie Olivier Dessibourg (Le Temps). Den Prix Expo erhielt das Naturhistorische Museum Basel für die Ausstellung «Knochenarbeit. Wenn Skelette erzählen», und die Auszeichnung für das langfristige Engagement ging an das Naturhistorische Museum La Chaux-de-Fonds.

Zwei NFP für den Energiebereich



Alessandro Della Bella/Keystone

Der Bundesrat hat die zwei neuen Nationalen Forschungsprogramme «Energiewende» und «Steuerungsmöglichkeiten des Endenergieverbrauchs» lanciert und den SNF mit deren Durchführung beauftragt. Die Forschungsdauer der beiden Programme (NFP) beträgt fünf Jahre, das Budget beläuft sich auf insgesamt 45 Mio. Franken. Mit den beiden NFP will der Bund technologisch orientierte Fragen mit gesellschaftlich orientierten verknüpfen. Das NFP «Energiewende» (37 Mio. Franken) wird sich auf technologische Innovationen konzentrieren, während das NFP «Steuerungsmöglichkeiten des Endenergieverbrauchs» (8 Mio. Franken) die Gesellschaft auf die Energiewende vorbereiten will.

Gesellschaftsvertrag für die Energiewende

Nichts weniger als einen Gesellschaftsvertrag verlangen die Akademien der Wissenschaften Schweiz, um die Energiewende zu schaffen. Rund 50 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben Trends in der Stromversorgung aufgespürt. Im Bericht «Zukunft Stromversorgung Schweiz» (abrufbar unter www.akademien-schweiz.ch) skizzieren sie die «gewaltige wirtschaftliche und gesellschaftspolitische Herausforderung». Wichtig sei der klare Rahmen, welcher der Bund für die Energiewende schaffen will.

Kooperation mit Rumänien und Bulgarien

Die neuen Forschungsk Kooperationen mit Rumänien und Bulgarien sind im Herbst 2012 gestartet. Insgesamt 39 Projekte erforschen unter anderem Zivilisationskrankheiten – Krebs, Kreislauferkrankungen, Diabetes, Übergewicht –, die Auswirkungen von Abfall und Schadstoffen auf Umwelt und Klima, nachhaltige Energie und wirtschaftliches Wachstum sowie ökologische Forst- und Landwirtschaft. Für die Programme, welche die wirtschaftlichen und sozialen Ungleichheiten in den beiden neuen EU-Mitgliedsländern abbauen sollen, arbeitet der SNF mit der Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (Deza) sowie mit rumänischen und bulgarischen Institutionen zusammen. Den Kooperationen stehen knapp 15 Millionen Franken zur Verfügung. Davon steuert die Schweiz im Rahmen ihres Erweiterungsbeitrags an die EU 85 Prozent bei; der Rest wird von Rumänien und Bulgarien finanziert.

horizonte

Das Schweizer Forschungsmagazin

Erscheint viermal jährlich
auf Deutsch und Französisch.
24. Jahrgang, Nr. 95, Dezember 2012

Herausgeber
Schweizerischer Nationalfonds
zur Förderung der wissenschaftlichen
Forschung (SNF)
Abteilung Kommunikation
Wildhainweg 3
Postfach 8232
CH-3001 Bern
Tel. 031 308 21 48
abo@snf.ch

Akademien der Wissenschaften
Schweiz
Generalsekretariat
Hirschengraben 11
CH-3001 Bern
Tel. 031 313 14 40
info@akademien-schweiz.ch

Redaktion
Urs Hafner (uha), Leitung
Valentin Amrhein (va)
Marcel Falk (mf)
Philippe Morel (pm)
Ori Schipper (ori)
Marie-Jeanne Krill (mjk)

Gestaltung und Bildredaktion
Lab25, Laboratory of Design
Zürich, www.lab25.ch
Isabelle Gargiulo
Hans-Christian Wepfer
Anita Pfenninger, Korrektorat

Übersetzung
Weber Übersetzungen

Druck und Litho
Stämpfli AG, Bern und Zürich

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

ISSN 1663 2710

Das «Horizonte»-Abonnement
ist kostenlos. Die Papier-
version wird nur in Europa
verschickt. Die präsentierten
Forschungsprojekte werden
in aller Regel vom SNF unterstützt.

 www.snf.ch/horizonte

Auflage
34 000 deutsch
14 300 französisch



Umschlagbild oben:
Mitarbeiter und
Kugeln von swisslotto
vor der Ziehung der
Zahlen (2007).
Martin Rüttschi/Keystone

Umschlagbild unten:
Kolibakterien
unter dem Rasterelektronen-
mikroskop. Marcel Düggelin/Zentrum
für Mikroskopie/Uni Basel

Der SNF

Der SNF ist die wichtigste
Schweizer Institution zur
Förderung der wissenschaftlichen
Forschung. Er fördert im Auftrag
des Bundes die Grundlagen-
forschung in allen wissenschaft-
lichen Disziplinen und unter-
stützt jährlich mit 700 Millionen
Franken fast 3 500 Projekte,
an denen rund 8 000 Forschende
beteiligt sind.

Die Akademien

Die Akademien der Wissen-
schaften 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.



«Wir müssen die Gebrechlichkeit besser verstehen»

wieso wir sie untersuchen und besser verstehen möchten. Immerhin sind wir uns über zwei Aspekte einig: Wer gebrechlich oder altersschwach ist, trägt ein erhöhtes Risiko, dass sich sein Gesundheitszustand in den nächsten Jahren verschlechtert. Und dass jemand gebrechlich wird, liegt zumeist an organischen, psychischen oder sozialen Ursachen. Wir betrachten die Altersschwäche neben den chronischen Krankheiten und der Hilfsbedürftigkeit als eine dritte, zwar oft mit diesen assoziierte, aber von ihnen unabhängige Dimension der Gesundheit im Alter.

In Ihrer Studie untersuchen Sie den Alterungsprozess von 65- bis 70-Jährigen. Wie geht es diesen Leuten?

Wir haben den Gesundheitszustand von 1283 Personen erhoben. Obwohl zwei Drittel von sich sagen, bei guter Gesundheit zu sein, hat nur ein Viertel keine chronischen Beschwerden. Die häufigsten Krankheitsbilder sind hoher Blutdruck, zu viel Cholesterin im Blut, Arthrose und Depression, die insgesamt jeden Siebten betrifft. Am stärksten betroffen von diesen Krankheiten sind die Gebrechlichen, gefolgt von den Vor-Gebrechlichen und den Nicht-Gebrechlichen.

Wie unterscheiden Sie zwischen Vor-Gebrechlichkeit und Gebrechlichkeit?

Wir orientieren uns an einem Erscheinungsbild von Gebrechlichkeit, das fünf verschiedene Kriterien berücksichtigt: Muskelschwäche, Langsamkeit, wenig körperliche Aktivität, Gewichtsverlust und Erschöpfung. Für jedes Kriterium gibt es einen Grenzwert. Wer einen oder zwei dieser Grenzwerte überschreitet, ist gemäss

Die Gesellschaft von morgen wird durch Altersschwäche gekennzeichnet sein. Doch vielleicht lässt sich diese rückgängig machen, sagt die Präventivmedizinerin Brigitte Santos-Eggimann. *Von Ori Schipper, Bild Francesca Palazzi*

Frau Santos-Eggimann, haben Sie Angst vor dem Alter?

Nein, vor dem Alter nicht. Ich fürchte mich vor der Gebrechlichkeit. Ich beschäftige zwar meinen Geist intellektuell, die körperliche Ertüchtigung kommt aber leider zu kurz.

Gehört die Gebrechlichkeit zu unserem Leben?

Sie werden kaum Hundertjährige finden, die nicht gebrechlich sind. Aber es gibt

Personen, die bis ins hohe Alter rüstig bleiben und dann unvermittelt an einem Hirnschlag sterben. Wichtig ist vor allem: Die Gebrechlichkeit ist kein Alles-oder-Nichts-Konzept, eher ein Früher-oder-Später und ein Mehr-oder-Weniger.

Wie definieren Sie Altersschwäche?

Das ist eine schwierige Frage. Obwohl jede und jeder sich davon eine klare Vorstellung machen kann, gibt es keine eindeutige Definition. Das ist mit ein Grund,

unserer Definition vorgebrechlich, wer drei und mehr Grenzwerte überschreitet, ist gebrechlich.

Welches sind die ersten Anzeichen einer Altersschwäche?

Das häufigste allein vorkommende Gebrechlichkeitskriterium ist die Muskelschwäche. Dabei messen wir aber nicht die Kraft aller Muskeln, sondern nur, wie stark der Handgriff einer Person ist. Wer schwächer zugreift, tut dies entweder aufgrund einer beginnenden Gebrechlichkeit oder aber wegen einer Arthrose, die kein Anzeichen für Altersschwäche ist. Deshalb ist die Kategorie der Vor-Gebrechlichen heterogen. Trotzdem haben diese Personen statistisch gesehen schlechtere Gesundheitsaussichten als die Nicht-Gebrechlichen.

Die meisten Gebrechlichkeitskriterien, die Sie verwenden, zielen auf körperliche Veränderungen. Welche Rolle spielen psychische Faktoren bei der Altersschwäche?

Wahrscheinlich eine grosse, doch wir wissen noch nicht welche. Psychosoziale Faktoren – etwa der Tod des Lebenspartners – können die Altersschwäche verursachen oder beschleunigen. Umgekehrt kann die Gebrechlichkeit das psychosoziale Umfeld verschlechtern, wenn jemand etwa aufgrund seiner Altersschwäche den Kontakt zu seinen Mitmenschen verliert.

Kann eine gebrechliche Person wieder vorgebrechlich werden?

Ja, das ist der Reiz an diesem Konzept. Und einer der Hauptgründe für unser Interesse an der Altersschwäche liegt daran, dass sie

reversibel ist. Vor allem im frühen Stadium lässt sich immer wieder beobachten, dass sich Vor-Gebrechliche spontan erholen. Ich könnte mir Interventionen vorstellen, die diese Erholung unterstützen. Damit würden wir die Betroffenen nicht nur vor der Gebrechlichkeit bewahren, sondern auch ihre Gesundheitsprognosen verbessern.

Welche Interventionen schweben Ihnen vor? Einerseits die optimale Behandlung der chronischen Beschwerden, andererseits könnte man diejenigen Funktionen fördern, in denen ein Defizit zu Tage tritt. Bei mangelnder körperlicher Aktivität und

«Zwei Drittel sagen, gesund zu sein, doch nur ein Viertel hat keine chronischen Beschwerden.»

Muskelschwäche wären physiotherapeutische Massnahmen vorzusehen, bei Gewichtsverlust vielleicht Anpassungen der Diät. Allerdings steckt die Gebrechlichkeitsforschung noch in den Kinderschuhen, und es gibt nur wenige Studien, welche die Wirksamkeit von Präventionsmassnahmen untersucht haben.

Die durchschnittliche Lebenserwartung von Frauen ist höher als die der Männer. Wieso sind sie trotzdem mehr von Altersschwäche betroffen?

Es gibt viele Gründe, die dazu führen, dass Frauen im Alter durchschnittlich zwar mehr Gesundheitsprobleme aufweisen als Männer, dass sie aber – im Unterschied zu den Männern – nicht an diesen Problemen sterben. Wir vermuten zudem, dass beim Erschöpfungskriterium, bei dem wir uns auf die Selbsteinschätzung der Beteiligten stützen, Frauen ihre Probleme eher offenlegen als Männer.

Sie haben einen Verletzlichkeitsindex entwickelt, mit dem sich die Gebrechlichkeit einer Person abschätzen lässt. Wem nützt dieser Index?

Lausanner Kohortenstudie 65+

Seit 2004 wird in der Lausanner Kohortenstudie 65+ der Alterungsprozess bei einer repräsentativen Bevölkerungsstichprobe von Personen untersucht, die zwischen 1934 und 1948 zur Welt gekommen sind. Die Erkenntnisse sollen helfen, der Altersschwäche entgegenzuwirken und die Lebensqualität im Alter zu verbessern.

Diese Frage kann ich noch nicht beantworten, denn den Index müssen wir zuerst validieren, unter anderem mit den Folgedaten unserer Studie. Er könnte zweifach nützlich sein: Einerseits würde er der Forschung helfen. Wir könnten damit den Aufwand zur Messung der Gebrechlichkeit reduzieren, weil der Index nur auf Angaben gründet, welche die Leute selber auf Fragebögen machen. Heute müssen wir eine Person persönlich treffen, um etwa ihre Gehgeschwindigkeit zu bestimmen. Bei über tausend Personen ist das sehr viel Arbeit. Andererseits könnte der Index auch den Betroffenen helfen. Aufgrund der Antworten auf den Fragebögen würde klar, wer am meisten von präventiven Massnahmen profitieren könnte. Es geht uns dabei nicht darum, dass die Betroffenen sich selber als altersschwach abstempeln, aber dass sie mit ihrem Arzt oder ihrer Ärztin ihr Gesundheitsrisiko besprechen.

Wegen der steigenden Lebenserwartung gibt es in der Schweiz immer mehr Betagte. Wie sollen wir uns darauf vorbereiten?

Wir müssen die Gebrechlichkeit besser verstehen. Das ist umso wichtiger, weil jetzt die geburtenreichen Jahrgänge der Babyboomer ins Pensioniertenalter kommen. In zwanzig Jahren werden die ersten 85-jährig sein. Dieses knappe Zeitfenster sollten wir unbedingt dazu nutzen, mehr über die Gebrechlichkeit in Erfahrung zu bringen, um sie vermeiden oder aufhalten zu können. ■

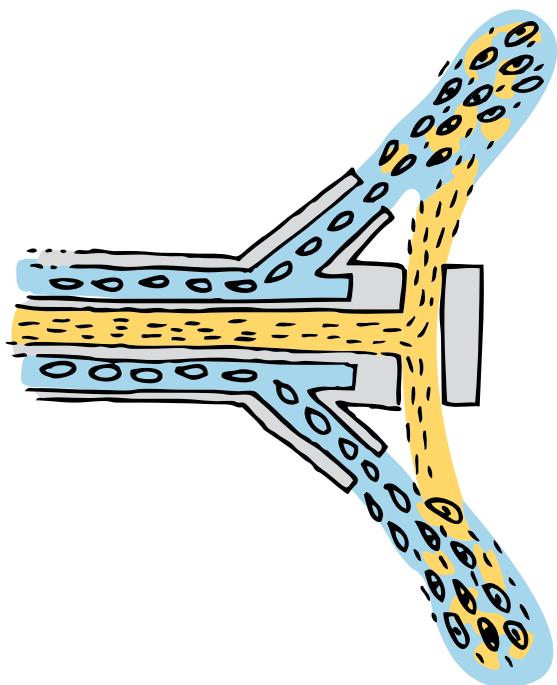
Brigitte Santos-Eggimann

Brigitte Santos-Eggimann leitet seit 1990 die Abteilung Gesundheitssystemforschung am Institut für soziale und präventive Medizin der Universität Lausanne. Vorher studierte sie an der Universität Genf Medizin und an der Johns-Hopkins-Universität in den Vereinigten Staaten Public Health.

Schnee aus der Kanone

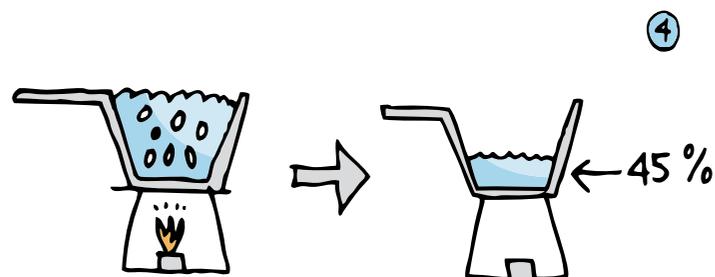
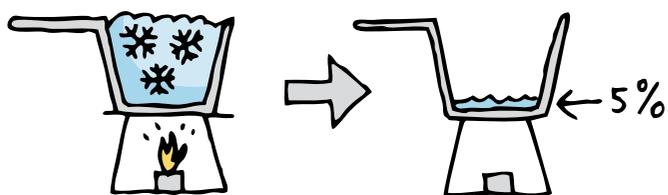
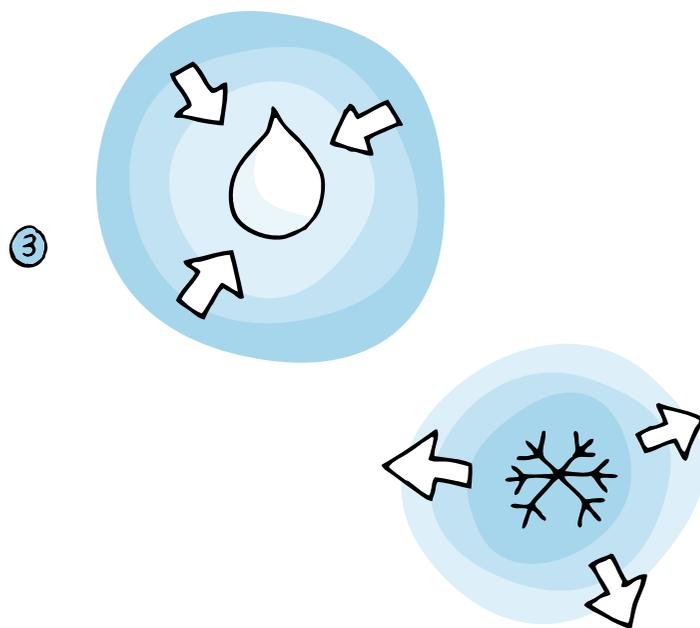
Von Philippe Morel, Illustrationen Studio KO

Man nehme kalte Luft, Wasser, eine Prise feiner Staubteilchen und Zeit – fertig ist der Schnee. Wenn es schneit, gefrieren die winzigen Wassertropfchen der Wolken an den in der Luft schwebenden Staubpartikeln. An diesen Kristallisationskeimen wachsen die Eiskristalle während ihres Falls weiter, wobei sie sich vom Wasserdampf in der Luft ernähren. Schwankungen von Temperatur und Luftfeuchtigkeit sind dafür verantwortlich, dass beim Niedergehen eine unendliche Vielfalt von Formen entsteht, die aber alle symmetrisch und sechsstrahlig sind.



② Das Rezept für Kunstschnnee beruht auf denselben Zutaten, ist aber nicht gleich. Bei der heute gängigsten Methode werden Wasser und Luft gemischt, wenn sie je unter Druck aus Düsen herausgepresst werden. Wie beim Kühlschrank kühlt sich die Luft abrupt ab, wenn der Druck von rund zehn Bar auf weniger als ein Bar (atmosphärischer Druck) fällt. So entstehen Eiskeime. Gleichzeitig wird das Wasser in Myriaden feinsten Tröpfchen zerstäubt, die an diesen Keimen gefrieren.

Die Tröpfchen gefrieren dank der Kälte der Umgebungsluft. Die Verfestigung findet somit von aussen nach innen statt, wodurch eine Kugelform entsteht, die sich von der Form natürlicher Schneeflocken unterscheidet. Damit die Kügelchen genügend Zeit haben, vollständig zu gefrieren, bevor sie auf dem Boden ankommen, werden die Düsen in rund zehn Metern Höhe angebracht, zum Beispiel an Stangen. Die Grösse der Schneekristalle hängt einzig von der Grösse der versprühten Tröpfchen ab.



④ Ob künstlich oder natürlich: Eine Schneedecke ist eine Mischung aus Eiskristallen und Luft in variablen Anteilen. Ihre Beschaffenheit hängt von der Grösse und der Form der Kristalle sowie vom eingeschlossenen Luftvolumen ab. Während frisch gefallener Pulverschnee bis zu 95 Prozent Luft enthält, kommt Kunstschnnee auf einen Luftanteil von höchstens 55 Prozent. Dafür lässt sich Kunstschnnee nur wenig komprimieren, was die Präparation von Skipisten erleichtert, die der Belastung durch die Ski besser standhalten.

4. Dezember 2012

Nachhaltiges Gesundheitssystem

Das Gesundheitswesen der Schweiz muss reformiert werden. An der Tagung werden Studien und Projekte zum Thema vorgestellt und eine Roadmap der Akademien der Wissenschaften präsentiert.

Inselspital Bern, Kinderklinik
www.akademien-schweiz.ch/agenda

13. Dezember 2012

Soziale Netzwerke: Licht und Schatten

Als Hilfsmittel alltäglich für die meisten Menschen wissen Google und die sozialen Netzwerke viel über uns und unser Verhalten im Internet. An diesem Wissenschaftscafé wird diskutiert, ob wir uns darüber Sorgen machen müssen.

Café-restaurant «Le souffleur», Villars-sur-Glâne
www.unifr.ch/cafes-scientifiques

19. Dezember 2012

Ernste Spielereien

Kinder lieben es, Erwachsene mögen es, ja sogar Tiere spielen: Spielen macht Spass. Sind Spiele auch nützlich? Das «Kidslab» erforscht die unbekannteren Seiten des Spiels und legt dar, wie in anderen Ländern gespielt wird. Für Kinder von sechs bis neun Jahren.

Pharmazie-Historisches Museum, Basel
cafe.unibas.ch/kidslab

17. Januar 2013

Technikerlebnis für alle

Die TecNight in Sarnen bietet einen Abend rund um Technik und Naturwissenschaften. Das Programm umfasst rund 60 Referate und ermöglicht die Diskussion mit Fachleuten.

Kantonsschule Obwalden, Sarnen
www.satw.ch/tecday

18. Januar 2013

Biodiversität: Vom Wissen zum Handeln

Gemäss der Strategie Biodiversität Schweiz soll die Erhaltung und Förderung der Biodiversität bei politischen Entscheidungen berücksichtigt werden. An der Tagung wird diskutiert, wie sich die Akteure motivieren lassen, dieser Vorgabe Folge zu leisten.

Universität Bern
www.biodiversity.ch/d/events/swifcob

14. bis 16. Februar 2013

Nachhaltige Kommunikation

Wie können die neuen Informations- und Kommunikationstechnologien unsere Lebensqualität steigern und gleichzeitig Energie und Ressourcen sparen, damit wir die Lebensqualität künftiger Generationen nicht vermindern? Der Kongress «ICT for Sustainability» sucht Antworten.

ETH Zürich
www.ta-swiss.ch

Wissenschaft ist Wahrheitsliebe

Er hält es nicht mehr aus. Seine Arbeit ist zwar gut bezahlt. Mit seinem Lohn kann er die Hypothek für ein luxuriöses Anwesen und die Krankenkassenprämien seiner Töchter begleichen, die ältere hat Asthma. Aber Dr. Jeffrey Wigand kann die Verlogenheit seines Arbeitgebers einfach nicht mehr ertragen.

Als Leiter der Forschungsabteilung bei der Zigarettenfirma Brown & Williamson macht Wigand seinen Chef darauf aufmerksam, dass einer der dem Tabak beigefügten Zusatzstoffe krebserregend ist. Doch weil dieser Stoff den Rauchern einen zusätzlichen Nikotinkick verschafft und ihre Abhängigkeit vergrössert und also für stärkere Umsatzzahlen sorgt, hält der Chef an der Verwendung der Substanz fest. Wigand

wird entlassen. Er muss sich vertraglich zum Stillschweigen verpflichten, an das er sich hält, bis die Drohgebärden und Einschüchterungsversuche seines ehemaligen Arbeitgebers das Gegenteil bewirken: Wigands Eigensinn bricht durch.

Der Film «The Insider» verzichtet auf das übliche Klischee von der Wissenschaft als Freakshow, bei der kuriose Typen Unerhörtes leisten. Mit den grandios spielenden Russell Crowe (in der Rolle von Wigand) und Al Pacino (als unbeugsamer Fernsehjournalist, der in einer schönen dramaturgischen Volte selbst

zum Whistleblower wird, um seine Whistleblower-Geschichte bringen zu können) zeigt «The Insider» die Wissenschaft von einer sehr menschlichen Seite. Denn Wigand ist – in seinen eigenen Worten – ein «Man of Science», ein Wissenschaftler durch und durch. Brilliant im Analytischen, etwas verloren, wenn der Horizont sich zu stark weitet; stur und liebenswürdig, naiv und mit einer enormen inneren Kraft, die ihn alle Widrigkeiten überstehen lässt.

Beim ersten Satz im Fernsehen verhaspelt er sich – und bringt ihn doch elegant und konzise zu Ende. Er sagt die Wahrheit. Und fällt tief. Doch das Fernsehinterview endet so: «Bereuen Sie Ihre Entscheidung, die Lügen zu enthüllen?» Wigand: «Ja, in gewissen Momenten schon. Doch in anderen Momenten fühle ich mich dazu verpflichtet. Wenn Sie mir die Frage stellen, ob die Mühen sich gelohnt haben, würde ich antworten: Ja.» ori ■



The Insider. Touchstone Pictures. 1999.

