

**Zeitschrift:** Horizonte : Schweizer Forschungsmagazin  
**Herausgeber:** Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaftlichen  
Forschung  
**Band:** 24 (2012)  
**Heft:** 95

**Artikel:** Schwerpunkt Zufall : Kopf oder Zahl?  
**Autor:** Schipper, Ori / Vos, Anton / Hafner, Urs  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-967924>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

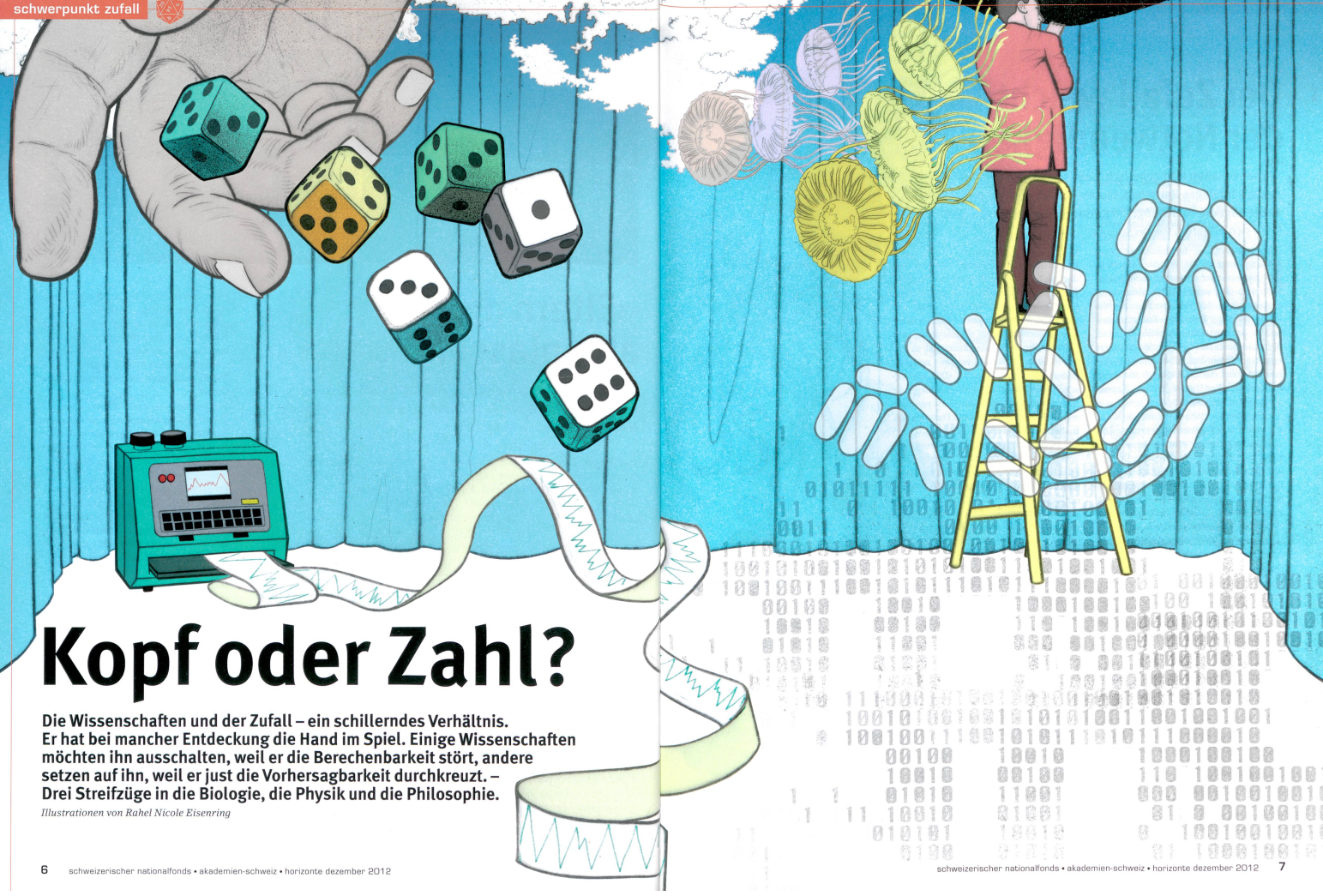
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 14.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



# 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*

**E**s 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 freierwerdende Energie führt die Zelle dem Aufbau von Zellbestandteilen oder dem Kopiervorgang 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 Quelle im pazifischen Ozean stammt.

## Unerwartete Farbenpracht

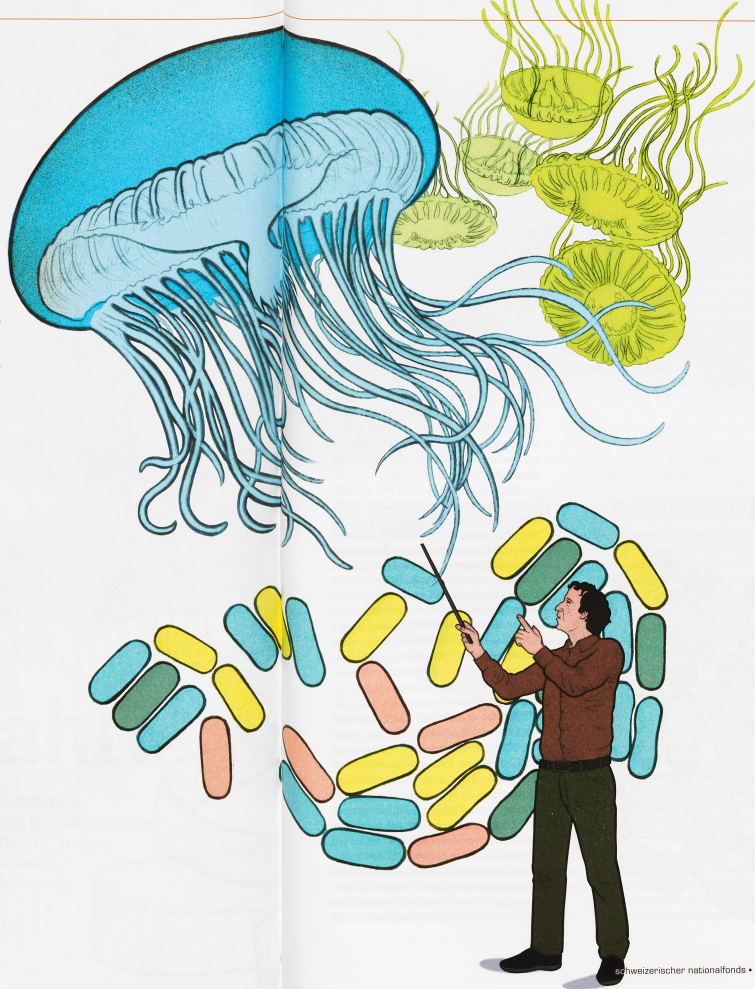
Einzelne fluoreszieren die Eiweisse je nach Version grün oder rot, zusammen jedoch leuchten sie gelb. Für ihren Versuch haben die Forschenden die Gene für beide Farbversionen – grün und rot – der Kontrolle der identischen genetischen Sequenz zugewiesen. Ihre Hypothese: Wenn die Zellmaschinerie die Kontrollsequenz 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 der 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 vereint: 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 Entfallungsraum

Bei Letzterem 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 zusammenschumpft. 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 Entfallungsraum, 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 störanfälliger 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 zählt 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.»

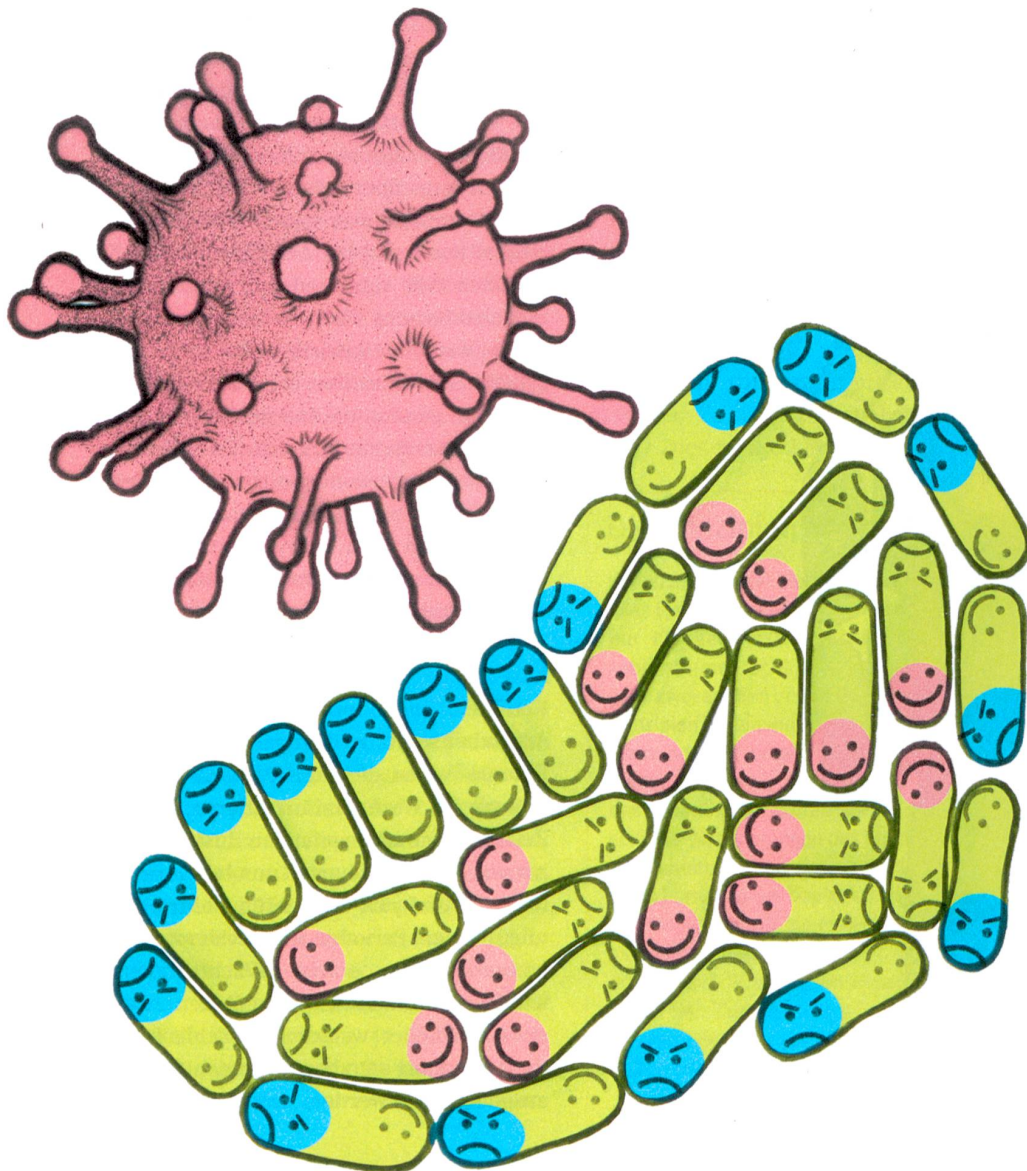
Zum Stichwort Individualität von Zellen fällt Lucas Pelkmans vieles ein. Mit seinem Team von der Universität Zürich untersucht der Systembiologe menschliche Zellhaufen. Je nachdem, wo sich eine einzelne dieser – auch hier: genetisch identischen, aber im Verhalten unterschiedlichen – Zellen befindet, 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.

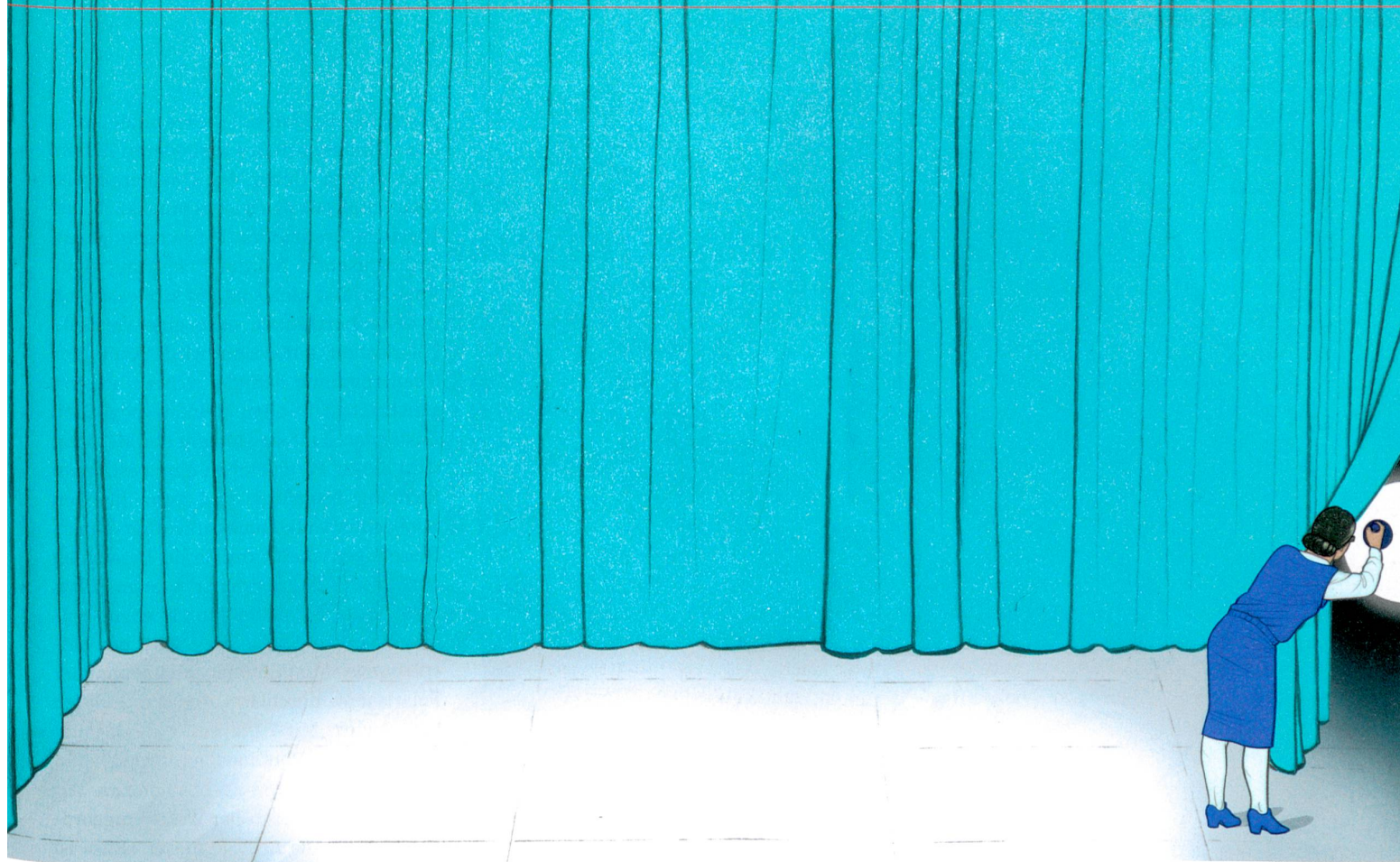
Mit ihm lässt sich nicht nur probabilistisch deuten, welche Zellen von einem Virus befallen werden, sondern auch das Verhalten einzelner Krebszellen erklären. Dass die Krebsmedikamente gegen viele Zellen gut, gegen einige aber kaum wirken, daran ist auch der Zellpopulationskontext schuld. In der Wissenschaft 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*

**E**s 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 Überzeugung

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

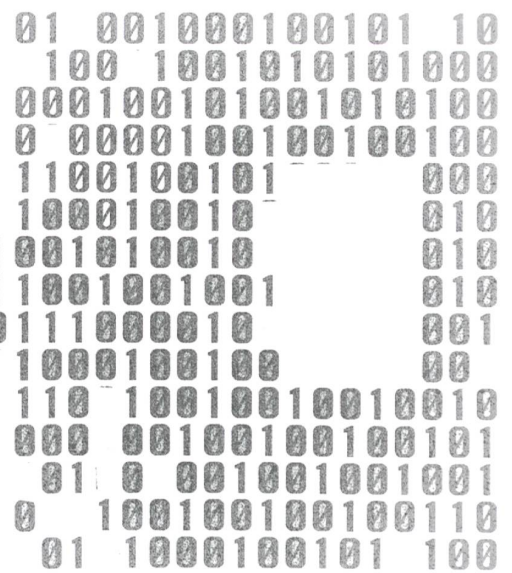
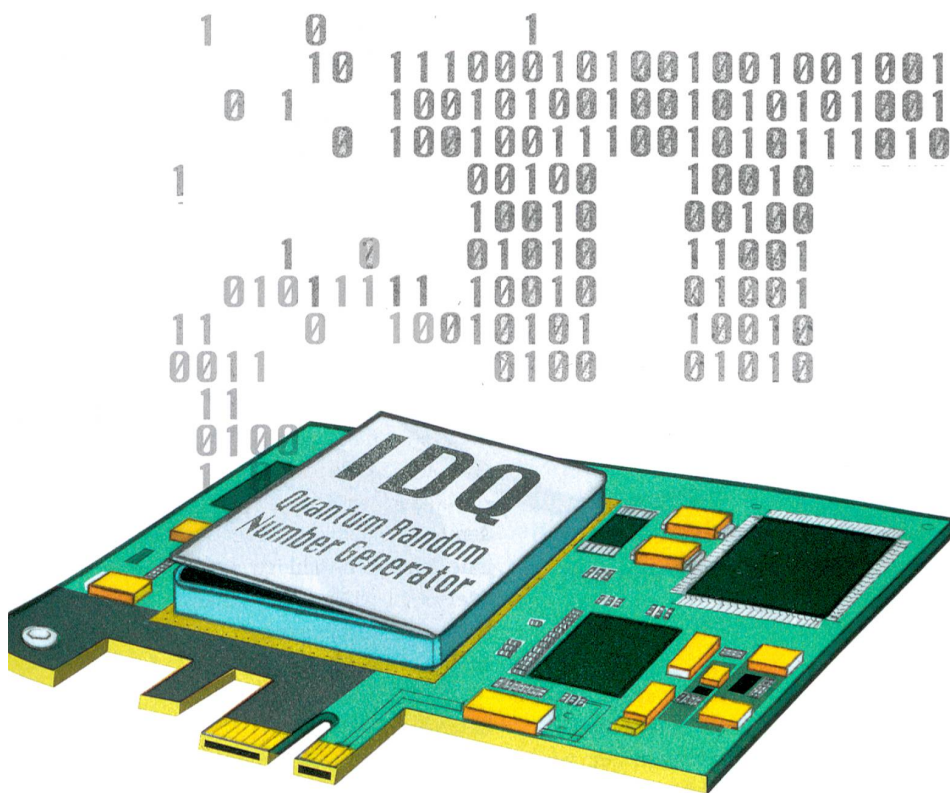
geschehen ist, darf auf dieses hindeuten.» Das Geheimnis dieses besonderen Zufalls liegt in den Tiefen der Quantenphysik. Quantenphysikalisch ist es unmöglich, das Ergebnis bestimmter Messungen genau vorherzusehen. Bei der Erzeugung eines Photons lässt nichts darauf schliessen, ob es eine horizontale 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

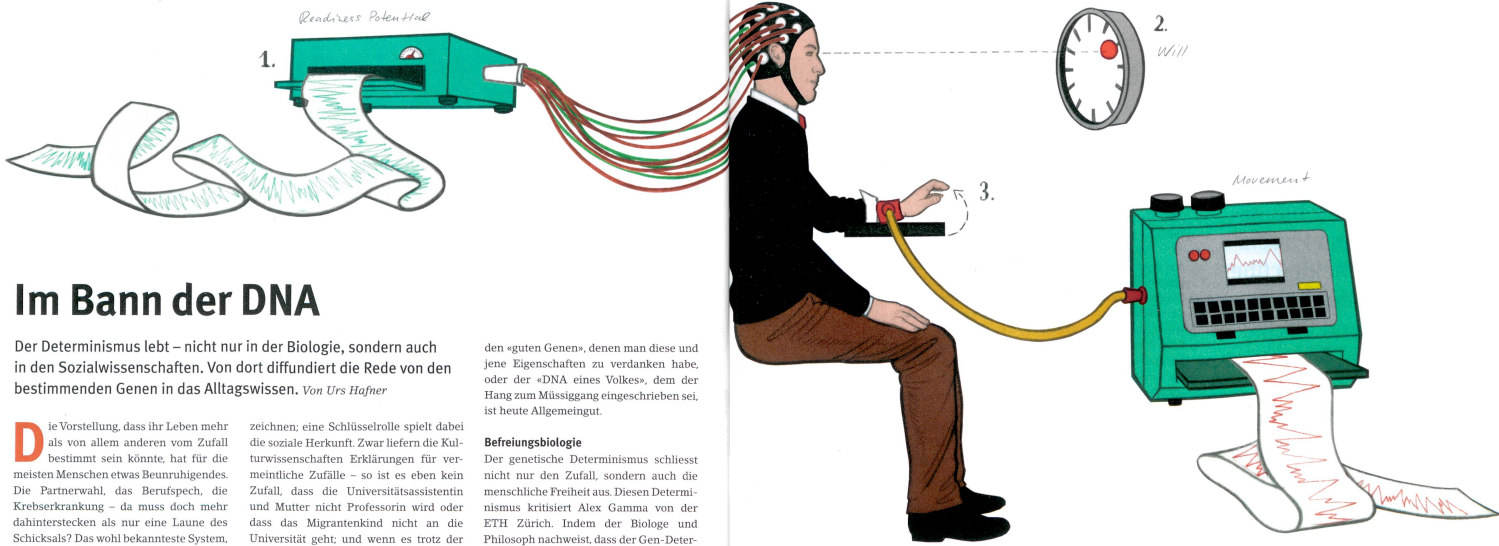
Photonen auszuspionieren, diese stört und sofort bemerkt wird.

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 Berufspech, 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 weitergeht, zerstreut sie den krankenden Gedanken, die eigene Existenz sei zufällig oder gar sinnlos. Für die glücklichen und weniger glücklichen Flügeln verweist sie auf das tugend- oder sündhafte Handeln des Betroffenen oder – in ihren abstrakten Ausprägungen – auf den unergründlichen Beschluss eines fernem 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 Marxs' 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 Alltagsmeinung.

### 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 eigenmützig, 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 unbesonnen 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 Mensch sei mit biologischen, sozialen und rechtlichen Einschränkungen konfrontiert – doch dagegen könne er anheben, 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, versprächen sie von vornherein grossartige Ergebnisse – etwa die Entschlüsselung des Wesens des Menschen. Doch: «Die Hirsche mit dem grössten Geweih sind nicht die schnellsten.» ■