



## Kausalität versus Zufall

Carl Zimmer versuchte, die Funktion unseres Gehirns mit Hilfe der Komplexitätstheorie zu erklären. (»Das Gehirn als Netzwerk«, Oktober 2011, S. 22)

**Karl-Heinz Schack, Minden:** Der Zeitpunkt des Feuerns einer einzelnen Nervenzelle in einer Nährlösung mag bei genauer Kenntnis der molekularen Abläufe unter Berücksichtigung der brownischen Molekularbewegung und eventueller Quanteneffekte beim Ladungsaustausch zwischen einzelnen

Molekülen streng kausal ablaufen. Von außen betrachtet wird der Abstand zwischen zwei Impulsen stets nicht vorhersehbaren Schwankungen unterliegen. Wenn in einer Schaltung, die Zufallszahlen mittels radioaktiven Zerfalls erzeugt, die Impulse des Zählrohrs durch die Impulse einer einsamen Nervenzelle ersetzt werden, sollte diese Schaltung nach wie vor Zufallszahlen erzeugen.

Das virtuelle Gehirn zeigt unterschiedliche Muster. Unabhängig von der Art der Verknüpfung sind diese Muster jedoch auf jeden Fall reine Zufallsmuster – unter der Voraussetzung, dass die einzelnen »Neurone« wie echte Nervenzellen ähnlich zufällige Impulse liefern und nicht etwa auf eine feste Zyklenzahl eingestellt sind.

Das Verhalten realer Wesen kann nicht nur als zufällig betrachtet werden. Hier stellt sich nun die Frage, welche Bedeutung diese zufälligen Impulse in einem realen Gehirn haben. Ist das lediglich so etwas wie ein unterschwelliges Rauschen ohne Bedeutung, das nicht bewusst wird? Ermöglichen die Impulse im multiplikativen Zusammenwirken mit einem realen Gehirn eventuell Kreativität? Oder sind sie zusammen mit weiteren Faktoren eine Voraussetzung für den freien Willen?

Wenn diese Impulse in einem echten Gehirn mehr als ein unterdrücktes Rauschen darstellen, ist das zumindest ein starkes Indiz dafür, dass sich die geistigen Abläufe im menschlichen Bewusstsein kaum streng kausal erklären lassen.

## Gelangt fremde RNA auch ins Erbgut?

*Aufgenommene Nukleinsäuren haben biologische Wirkungen. (»RNA aus der Nahrung beeinflusst Cholesterinspiegel«, Spektrum, November 2011, S. 10)*

**Bernhard Abmayr, Dormitz:** Gerade für die Beurteilung der Gefahren der Gentechnik ist dieser Artikel hochinteressant. Wenn fremde RNA-Schnipsel die Funktionen im eigenen Körper beeinflussen können, liegt doch die Vermutung nahe, dass bei Veränderung der fremden RNA auch dieser Einfluss sich verändert oder neu entstehen könnte. Auf die natürlichen RNA-Schnipsel hat sich der Körper in langer Evolution einstellen können. Wer kann aber abschätzen, wie gentechnisch veränderte RNA-Schnipsel wirken werden? Könnte es sogar sein, dass unser Körper in vielfacher Weise auf frem-

## Spektrum

DER WISSENSCHAFT

**Chefredakteur:** Dr. Carsten Könneker (vi.S.d.P)  
**Redaktionsleiter:** Dr. Hartwig Hanser (Monatshefte), Dr. Gerhard Trageser (Sonderhefte)  
**Redaktion:** Thilo Körkel (Online-Koordinator), Dr. Klaus-Dieter Linsmeier, Dr. Christoph Pöppe, Dr. Frank Schubert, Dr. Adelheid Stähne  
 E-Mail: redaktion@spektrum.com  
**Ständiger Mitarbeiter:** Dr. Michael Springer  
**Editor-at-Large:** Dr. Reinhard Breuer  
**Art Direction:** Karsten Kramarczik  
**Layout:** Sibylle Franz, Oliver Gabriel, Anke Heinkelmann, Claus Schäfer, Natalie Schäfer  
**Schlussredaktion:** Christina Meyberg (Ltg.), Sigrid Spies, Katharina Werle  
**Bildredaktion:** Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe  
**Redaktionsassistent:** Anja Albat-Nollau, Britta Feuerstein  
**Redaktionsanschrift:** Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg, Tel. 06221 9126-711, Fax 06221 9126-729  
**Verlag:** Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg; Hausanschrift: Slevogtstraße 3–5, 69126 Heidelberg, Tel. 06221 9126-600, Fax 06221 9126-751; Amtsgericht Mannheim, HRB 338114  
**Verlagsleiter:** Richard Zinken  
**Geschäftsleitung:** Markus Bossle, Thomas Bleck  
**Herstellung:** Natalie Schäfer, Tel. 06221 9126-733  
**Marketing:** Annette Baumbusch (Ltg.), Tel. 06221 9126-741, E-Mail: service@spektrum.com  
**Einzelverkauf:** Anke Walter (Ltg.), Tel. 06221 9126-744  
**Übersetzer:** An diesem Heft wirkten mit: Dr. Rainer Kayser, Dr. Andreas Nestke  
**Leser- und Bestellservice:** Helga Emmerich, Sabine Häusser, Ute Park, Tel. 06221 9126-743, E-Mail: service@spektrum.com

### Vertrieb und Abonnementverwaltung:

Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, c/o ZENIT Pressevertrieb GmbH, Postfach 81 06 80, 70523 Stuttgart, Tel. 0711 7252-192, Fax 0711 7252-366, E-Mail: spektrum@zenit-presse.de, Vertretungsberechtigter: Uwe Bronn  
**Bezugspreise:** Einzelheft € 7,90 (D/A) / € 8,50 (L)/Sfr. 14.–; im Abonnement € 84.– für 12 Hefte; für Studenten (gegen Studiennachweis) € 69,90. Die Preise beinhalten € 8,40 Versandkosten. Bei Versand ins Ausland fallen € 8,40 Portomehrkosten an. Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Konto: Postbank Stuttgart 22 706 708 (BLZ 600 100 70). Die Mitglieder des Verbands Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland (VBio) und von Mensa e.V. erhalten SdW zum Vorzugspreis.  
**Anzeigen:** iq media marketing gmbh, Verlagsgruppe Handelsblatt GmbH; Bereichsleitung Anzeigen: Marianne Dölz; Anzeigenleitung: Marco Buch, Tel. 0211 887-2483, Fax 0211 887 97-2483; verantwortlich für Anzeigen: Ute Wellmann, Postfach 102663, 40017 Düsseldorf, Tel. 0211 887-2481, Fax 0211 887-2686  
**Anzeigenvertretung:** Hamburg: Matthias Meißner, Brandstwierte 1, 6. OG, 20457 Hamburg, Tel. 040 30183-210, Fax 040 30183-283; Düsseldorf: Matthias O. Hütköper, Kasernenstraße 67, 40213 Düsseldorf, Tel. 0211 887-2053, Fax 0211 887-2099; Frankfurt: Thomas Wolter, Eschersheimer Landstraße 50, 60322 Frankfurt am Main, Tel. 069 2424-4507, Fax 069 2424-4555; München: Jörg Bönsch, Nymphenburger Straße 14, 80335 München, Tel. 089 545907-18, Fax 089 545907-24; Kundenbetreuung Branchenteams: Tel. 0211 887-3355, branchenbetreuung@iqm.de  
**Druckunterlagen an:** iq media marketing gmbh, Vermerk: Spektrum der Wissenschaft, Kasernenstraße 67, 40213 Düsseldorf, Tel. 0211 887-2387, Fax 0211 887-2686  
**Anzeigenpreise:** Gültig ist die Preisliste Nr. 33 vom 01.01.2012.  
**Gesamtherstellung:** L.N. Schaffrath Druckmedien GmbH & Co. KG, Marktweg 42–50, 47608 Geldern

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung des Verlags unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt den Verlag zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2012 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Wir haben uns bemüht, sämtliche Rechteinhaber von Abbildungen zu ermitteln. Sollte dem Verlag gegenüber der Nachweis der Rechtsinhaberschaft geführt werden, wird das branchenübliche Honorar nachträglich gezahlt. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

ISSN 0170-2971

### SCIENTIFIC AMERICAN

75 Varick Street, New York, NY 10013-1917  
 Editor in Chief: Mariette DiChristina, President: Steven Inchcoombe, Vice President, Operations and Administration: Frances Newburg, Vice President, Finance, and Business Development: Michael Florek, Managing Director, Consumer Marketing: Christian Dorbandt, Vice President and Publisher: Bruce Brandfon



Erhältlich im Zeitschriften- und Bahnhofsbuchhandel und beim Pressefachhändler mit diesem Zeichen.



de RNA angewiesen ist? Welche Folgen hätte eine solche Erkenntnis für die Produktion von Nahrungsmitteln, besonders von gentechnisch veränderten Nahrungsmitteln und von Kunstnahrung, bei der diese Informationen fehlen oder verändert wurden?

Wenn nun solche fremde RNA in unsere Zellen eindringt, stellt sich auch die Frage, ob Teile davon gelegentlich in unser Erbgut eingebaut werden. Bei Bakterien und anderen niederen Lebewesen ist ein horizontaler Gentransfer ja längst nachgewiesen.

## Ehrenrettung der Naturphilosophie

*Die Quantenphysik verändert das philosophische Denken, so der Philosoph Michael Esfeld. (»Das Wesen der Natur«, Juni 2011, S. 54)*

**Walter Weiss, Kassel:** Wenn man als Inhalt der so genannten Naturphilosophie eine Reihe von Fragen nennt und dann den Schluss zieht, die moderne Quantenphysik beantworte heute diese Fragen, bleibt vom Anspruch einer philosophischen Institution nichts mehr übrig. Aus der Sicht des Autors ist damit die Naturphilosophie überflüssig geworden. Sie wäre nichts als eine überholte Station in der Entwicklung der Philosophie. Leider lässt der Verfasser wesentliche Aspekte kurzerhand aus:

(1) Die klassische Physik befasst sich mit dem Raum, der durch die Reichweite unserer körperlichen Sinne gebildet wird. Diesen Raum mit allen seinen Auswirkungen verstehen wir spontan und ohne jede Erklärung.

(2) Die moderne Physik strebt über diesen Raum und seine Grenzen hinaus. Sie drückt die dort jenseits der Grenzen gefundenen Erkenntnisse in mathematischen Formeln aus. Diese Erkenntnisse der modernen Physik können wir also mathematisch erklären – verstehen können wir sie nicht. Das zeigt sich an den ausufernden Versuchen vieler Physiker und Wissenschaftsschreiber, sie uns durch immer neue Beispiele verständlich zu machen.

(3) Solche Versuche sind aussichtslos, denn unser Verstand ist genetisch untrennbar mit der Reichweite unserer körperlichen Sinne verknüpft. Er ist wahrscheinlich – günstigstenfalls – nichts anderes als ein abstrahiertes Abbild der Umwelt in diesem Maß. Für weitere Entwicklungen unseres Verstands hätte die gengeschichtlich lächerlich kurze Zeit seit »Out of Africa« niemals gereicht.

(4) Richtig verstanden wäre also eine Naturphilosophie, die diesen Namen verdient, nichts anderes als die Erkenntnis dessen, dass unser gesamtes Weltverständnis einzig und allein auf unseren antiquierten Körpersinnen beruht, auf die alle weiteren Überlegungen, gerade auch die der modernen Physik und anderen Naturwissenschaften, projiziert sind. Da diese Überlegungen und Erkenntnisse jeweils, bevor sie zum anerkannten Wissensstand gezählt werden, durch Experimente und Beobachtungen bekräftigt und bestätigt werden müssen, ergibt sich als Resümee die Notwendigkeit einer Kontinuität zwischen dem Raum der Reichweite unserer körperlichen Sinne und dem jenseits davon liegenden Bereich.

Das sind doch recht beachtliche Ergebnisse einer Naturphilosophie – die im Übrigen allen anderen Philosophien haushoch überlegen ist, denn sie beruht allein auf unserer Denkfähigkeit, der Mathematik und Darwins Evolutionslehre und nicht auf Derivaten wie Sprache, Religion und sonstigen Weltanschauungen.

## Prozentuale Zahlenverwirrung

*Ewen Callaway berichtete, dass der moderne Mensch wichtige Gene von ausgestorbenen Verwandten übernommen hat. (»Archaische DNA erhellt Evolutionsgeschichte des Menschen«, Forschung aktuell, November 2011, S. 12)*

**Werner Fuß, Garching:** Die Entzifferung von fossiler DNA stellt eine neue Qualität in der Stammbaumforschung dar und eröffnet faszinierende Möglichkeiten. Die Aussage, »dass Men-

FOLGEN SIE UNS  
IM INTERNET



[www.spektrum.de/facebook](http://www.spektrum.de/facebook)



[www.spektrum.de/youtube](http://www.spektrum.de/youtube)



[www.spektrum.de/studivz](http://www.spektrum.de/studivz)



[www.spektrum.de/twitter](http://www.spektrum.de/twitter)

schen, die außerhalb Afrikas leben, etwa vier Prozent ihres Erbguts mit (dem Neandertalergenom) gemeinsam haben«, kann aber wohl nicht stimmen, wenn die Übereinstimmung zwischen Mensch und Schimpanse fast 99 Prozent beträgt.

### Antwort der Redaktion:

Ihr Einwand ist berechtigt. Der Widerspruch resultiert aus der im Artikel verwendeten verkürzten Formulierung. Gemeint war, dass vier Prozent der Gene, die beim Neandertaler vom Erbgut heutiger Afrikaner abweichen, im Genom moderner Nichtafrikaner vorkommen. Diese präzise Aussage ist natürlich sehr umständlich. Deshalb hat der Autor des Beitrags die verkürzte Formulierung verwendet.

### BRIEFE AN DIE REDAKTION

... sind willkommen! Schreiben Sie uns auf [www.spektrum.de/leserbriefe](http://www.spektrum.de/leserbriefe) oder schreiben Sie mit Ihrer kompletten Adresse an:

Spektrum der Wissenschaft  
Leserbriefe  
Sigrid Spies  
Postfach 10 48 40  
69038 Heidelberg  
E-Mail: [leserbriefe@spektrum.com](mailto:leserbriefe@spektrum.com)

Die vollständigen Leserbriefe und Antworten der Autoren finden Sie ebenfalls unter [www.spektrum.de/leserbriefe](http://www.spektrum.de/leserbriefe)