

## KEIN ICH-GEFÜHL

**Kolumnist Michael Springer mochte nicht ausschließen, dass Maschinen Bewusstsein entwickeln können.** (»Künstliche Gehirne«, *Spektrum* Februar 2018, S. 29)

**Christian Bickel, Wiesbaden:** Nach meiner Auffassung wird hier nicht hinreichend zwischen Intelligenz und Bewusstsein unterschieden. Das lässt sich an der Frage des Philosophen Thomas Nagel zeigen: »Wie ist es, eine Fledermaus zu sein?« Man kann ein Gehirn beliebig weit analysieren. Das lässt sich dann prinzipiell auch synthetisch nachbilden. Wie es sich anfühlt, ein Computer zu sein, wird auf diese Weise aber nicht geklärt. Michael Springer wird nicht beschreiben können, wie es ist, Michael Springer zu sein, so dass ein anderer es nachempfinden könnte. Dieser intrinsische Aspekt des Bewusstseins unterscheidet es von Intelligenz, die man nah an der menschlichen Intelligenz in Computern emulieren kann.

**Werner Kinnebrock, Trechtingshausen:** Die Turingmaschine ist ein Computermodell, das Alan Turing vor einigen Jahrzehnten entwickelte. Diese Maschine kann nichts anderes, als Daten aus einem Speicher lesen, vergleichen, addieren, subtrahieren und wieder abspeichern. Man kann beweisen, dass alle Arbeiten eines Computers auch von einer Turingmaschine erledigt werden können. Dabei kann allerdings eine Aktion, die ein Supercomputer in einer Millisekunde schafft, für die Turingmaschine Jahre oder Jahrzehnte dauern. Nun ist es aber kaum vorstellbar, dass eine Turingmaschine mit ihren simplen Aktionen Bewusstsein erzeugen kann. Also auch kein noch so moderner Computer.

## MAXIMAL IRRATIONAL

**Florian Freistetter befasste sich mit der Approximation irrationaler Zahlen durch Kettenbrüche.** (»Der goldene Schnitt«, *Spektrum* Februar 2017, S. 41)

**Roland Schröder, Celle:** Welche irrationale Zahl ist die irrationalste? Eignet sich der Superlativ zur Beschreibung von Eigenschaften irrationaler Zahlen? Und warum ausgerechnet der goldene Schnitt? Fragen über Fragen, von denen Florian Freistetter keine beantwortet.

### Antwort der Redaktion:

Wesentliche Teile der Antwort stehen in Florian Freistetters Artikel. Etwas ausführlicher: Jede irrationale Zahl lässt sich durch eine Folge rationaler Zahlen approximieren (so weit Schulwissen). Das kann mehr oder weniger geschickt geschehen; dabei sei unter »geschickt« eine Approximation verstanden, die bei möglichst kleinem Nenner einen möglichst kleinen Approximationsfehler hat. (Das ist noch keine präzise Definition.) Die geschick-

## Leserbriefe sind willkommen!

Schicken Sie uns Ihren Kommentar unter Angabe, auf welches Heft und welchen Artikel Sie sich beziehen, einfach per E-Mail an [leserbriefe@spektrum.de](mailto:leserbriefe@spektrum.de). Oder kommentieren Sie im Internet auf [Spektrum.de](http://Spektrum.de) direkt unter dem zugehörigen Artikel. Die individuelle Webadresse finden Sie im Heft jeweils auf der ersten Artikelseite abgedruckt. Kürzungen innerhalb der Leserbriefe werden nicht kenntlich gemacht.

teste Näherung ist die durch Kettenbrüche, genauer: reguläre Kettenbrüche, also solche, in denen alle Zähler gleich 1 sind. Manche irrationale Zahlen sind schwerer zu approximieren als andere, das heißt, der Approximationsfehler konvergiert langsamer gegen null. Am schwersten zu approximieren ist die Zahl des goldenen Schnitts, denn in dessen Kettenbruchentwicklung sind alle Nenner gleich 1, also so klein wie nur möglich, und deswegen trägt jedes neue Glied der Kettenbruchentwicklung nur minimal (»so wenig wie überhaupt möglich«) zur Näherung an die irrationale Zahl bei. In diesem Sinn ist die (geläufige) Redeweise von der Zahl des goldenen Schnitts als der irrationalsten aller Zahlen zu verstehen.

Das war eine umgangssprachliche Kurzfassung. Mathematisch sauber dargestellt findet sich die Sache zum Beispiel in dem Wikipedia-Artikel zum Stichwort »Kettenbruch«.

## ELEKTROSTATISCHE EFFEKTE?

**Wassertropfen, die über eine Wasseroberfläche gleiten, waren Physikdidaktiker H. Joachim Schlichting in seiner Rubrik einen genaueren Blick wert.** (»Surfende Wassertropfen«, *Spektrum* Februar 2018, S. 60)

**Lutz Dietrich, Fleischwangen:** Vor rund 40 Jahren gab es in der Zeitschrift »Kosmos« einen ähnlichen Artikel. Die schwebenden Tropfen wurden durch seitliches Aufspritzen mit minimalem Winkel zur Wasseroberfläche eines Beckens erzeugt.

Untersuchungen mit einer gegenüber dem Wasserreservoir elektrisch aufgeladenen Rasierklinge schienen auf elektrostatische Effekte hinzuweisen – was den Schichten geordneter Wassermolekülen in dem aktuellen Artikel entsprechen würde, die dann als Dipole eine elek-

Tropfen, die aus der richtigen Höhe aufs Wasser treffen, driften manchmal noch ein wenig darüber, bevor sie untergehen.



trostatische Abstoßung der beiden Oberflächen von Tropfen und Reservoir bewirken würden. Jedenfalls könnten durch den Feldeffekt der geladenen Rasierklinge die schwebenden Tropfen gezielt versenkt werden.

## ERBGUT IST ALLES

**Der Bakteriologe Zachary D. Blount ging der Frage nach, ob sich das Leben auf der Erde noch einmal genauso entfalten würde.** (»Evolution zwischen Zufall und Wiederholung«, **Spektrum** März 2018, S. 38)

**Martin Behr, Mörlenbach:** Die beiden Formulierungen »die weitere Entwicklung fußte stets stark auch auf dem Gewesenen« und »weil stets außerdem die jeweilige Vergangenheit mitspielt« sind massive Untertreibungen. Die Erbanlagen eines Individuums bilden die einzige Grundlage, auf der Evolution stattfinden kann. Was nicht da ist, kann nicht mutieren. Alles andere, wie tatsächlich auftretende Mutationen, Gendrift, Selektion, Vererbung von Mutationen, die nicht der Selektion unterliegen, und Rekombination von Erbanlagen, geht nur vom vorhandenen Erbgut des jeweiligen Individuums aus.

Die Evolution der *Anolis* mit der gesamten Evolution zu vergleichen, ist eher eines Kreationisten würdig. Die genetischen Unterschiede zwischen diesen Arten sind gering (sie gehören alle der gleichen Gattung an!) und lassen deswegen auf einfache Weise die schnelle Entwicklung von Ähnlichkeiten zu – ein ganz spezieller Fall, wie er

in Inselpopulationen ohne Konkurrenz regelmäßig auftritt. Mutationen werden auch niemals »fallen gelassen«, wie es später heißt; das wäre ja ein aktives Tun des Lebewesens. Sie bleiben erhalten oder verschwinden auf Grund von Gendrift (also Zufall), aber nicht, weil sie keinen »Fitnessvorteil« bieten. Nicht einmal Mutationen, die einen Fitnessnachteil bringen, wie etwa Erbkrankheiten, verschwinden aus einem Genpool, solange dieser groß genug ist.

## ERRATA

»Neue Elektroden für Lithium-Ionen-Akkus«, **Spektrum** März 2018, S. 22

In dem Beitrag wird die Akkukapazität von 370 Milliamperestunden fälschlich einer elektrischen Ladung von 1,3 Coulomb gleichgesetzt. Richtig ist, wie Reinhard Simons aus Horb bemerkte, der 1000-fache Wert: 1332 Coulomb.

»Wie entstand der Mond?«, **Spektrum** Februar 2018, S. 52

In der Bildunterschrift auf S. 52 steht, Harrison Schmitt sei der bislang letzte Mensch auf dem Mond gewesen. Richtig ist: Er war zwar der letzte, der dessen Oberfläche betreten hat. Doch der Kommandant der Apollo-17-Mission, Eugene Cernan, bestieg vor dem Rückflug zur Erde die Landefähre nach ihm. Wir danken unserem Leser Robert Küther aus Brno für den Hinweis.

**Spektrum**  
der Wissenschaft

**Chefredakteur:** Prof. Dr. phil. Dipl.-Phys. Carsten Könneker M. A. (v.i.S.d.P.)

**Redaktionsleiter:** Dr. Hartwig Hanser

**Redaktion:** Mike Beckers (stellv. Redaktionsleiter), Manon Bischoff (Volontärin), Robert Gast, Dr. Tim Kalvelage, Dr. Klaus-Dieter Linsmeier (Koordinator Archäologie/Geschichte), Dr. Christoph Pöppe, Dr. Frank Schubert, Dr. Adelheid Stahnke; E-Mail: redaktion@spektrum.de

**Freie Mitarbeit:** Dr. Gerd Trageser

**Art Direction:** Karsten Kramarczik

**Layout:** Oliver Gabriel, Anke Heinzlmann, Claus Schäfer, Natalie Schäfer

**Schlussredaktion:** Christina Meyberg (Lt.), Sigrid Spies, Katharina Werle

**Bildredaktion:** Alice Krüßmann (Lt.), Anke Lingg, Gabriela Rabe

**Redaktionsassistent:** Andrea Roth

**Assistenz des Chefredakteurs:** Lena Baunacke

**Verlag:** Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg, Hausanschrift: Tiergartenstraße 15–17, 69121 Heidelberg, Tel. 06221 9126-600, Fax 06221 9126-751, Amtsgericht Mannheim, HRB 338114

**Geschäftsleitung:** Markus Bossle, Thomas Bleck

**Herstellung:** Natalie Schäfer

**Marketing:** Annette Baumbusch (Lt.), Tel. 06221 9126-741, E-Mail: service@spektrum.de

**Einzelverkauf:** Anke Walter (Lt.), Tel. 06221 9126-744

**Übersetzer:** An diesem Heft wirkten mit: Michaela Butler, Dr. Claudia Hecker, Dr. Ursula Loos, Dr. Michael Springer.

**Leser- und Bestellservice:** Helga Emmerich, Sabine Häusser, Ilona Keith, Tel. 06221 9126-743, E-Mail: service@spektrum.de

**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

Die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH ist Kooperationspartner der Nationales Institut für Wissenschaftskommunikation gGmbH (NaWik).

**Bezugspreise:** Einzelheft € 8,50 (D/A/L) / sFr. 14,-; im Abonnement € 89,- für 12 Hefte; für Studenten (gegen Studiennachweis) € 69,90. Abonnement Ausland: € 97,40, ermäßigt € 78,30. E-Paper € 60,- im Jahresabonnement (Vollpreis); € 48,- ermäßigter Preis auf Nachweis.

Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Konto: Postbank Stuttgart, IBAN: DE52 6001 0070 0022 7067 08, BIC: PBNKDEFF

Die Mitglieder des Verbands Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland (VBio) und von Mensa e. V. erhalten Spektrum der Wissenschaft zum Vorzugspreis.

**Anzeigen:** iq media marketing gmbh, Verlagsgruppe Handelsblatt GmbH, Gesamtbereichsleitung: Michael Zehntmaier, Tel. 040 3280-310, Fax 0211 887 97-8550; Anzeigenleitung: Anja Väterlein, Speersort 1, 20095 Hamburg, Tel. 040 3280-189

**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. 39 vom 1. 1. 2018.

**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 ohne die Quellenangabe in der nachste-

henden Form 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: © 2018 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg.

Wir haben uns bemüht, sämtliche Rechteinhaber von Abbildungen zu ermitteln. Sollte dem Verlag gegenüber der Nachweis der Rechteinhaberschaft 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. Auslassungen in Zitaten werden generell nicht kenntlich gemacht.

ISSN 0170-2971

**SCIENTIFIC AMERICAN**

1 New York Plaza, Suite 4500, New York, NY 10004-1562,

Editor in Chief: Mariette DiChristina, President: Dean Sanderson, Executive Vice President: Michael Florek



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

