

## Befinden wir uns in einem Ereignishorizont?

*Am Anfang war ein Schwarzes Loch in einem höherdimensionalen Universum, postulierten die Physiker Niayesh Afshordi, Robert B. Mann und Razieh Pourhasan (»Das Schwarze Loch am Beginn der Zeit«, Februar 2015, S. 40).*

**Michael Beck, Mainz:** Mit großem Interesse habe ich den Beitrag über die Singularität gelesen. Dazu habe ich eine Frage: Wenn unsere Welt den Ereignishorizont eines vierdimensionalen Universums darstellt, ist dieses Universum dann der Ereignishorizont eines fünfdimensionalen Universums und so weiter? Wie viele Universen gibt es? Für eine (natürlich nur hypothetische) Antwort wäre ich Ihnen dankbar.

**Antwort der Redaktion:** Sie fragen, ob die in dem Artikel vorgetragene Hypothese nicht einen »regressus ad infinitum« zur Folge haben kann. Das ist zwar nicht ganz auszuschließen, aber extrem unwahrscheinlich. Über die denkbaren höherdimensionalen Universen wissen wir eigentlich nichts –

nicht einmal, ob dort die gleichen oder ähnliche Naturgesetze herrschen wie bei uns. Die Hypothese des Artikels besagt nur: Wenn in dem hypothetischen räumlich vierdimensionalen Universum Gesetze gelten, die dort ein Schwarzes Loch zulassen, dann könnte unser räumlich dreidimensionaler Kosmos dessen Ereignishorizont sein. Das ließe sich zwar in immer höherdimensionale Universen fortsetzen, aber nur unter der Annahme, dass auch dort die Naturgesetze »unsere« Art von Schwarzen Löchern zulassen. Mit jedem hypothetischen Schritt scheint die Wahrscheinlichkeit dafür weiter zu sinken.

**Matthias Junk, Reutlingen:** Bisher war ich davon ausgegangen, dass ein Ereignishorizont keine materielle Fläche ist,

in der man sich aufhalten könnte, sondern dass es sich im Prinzip um die Potenzialfläche handelt, bei der die Gravitation gerade so stark ist, dass Licht sich nur noch in Richtung des Gravitationszentrums ausbreiten kann – also ein abstraktes Gebilde, durch das Masse und Licht in nur einer Richtung hindurchrauschen. Wie soll ich mir dann vorstellen, dass der Ereignishorizont eines Schwarzen Lochs eine um eine Dimension niedrigere Welt von Dauer sein kann?

**Antwort der Redaktion:** Im Modell der Autoren ist unser Universum nicht der Ereignishorizont selbst, sondern »eine langsam expandierende dreidimensionale Bran um den dreidimensionalen Ereignishorizont« (S. 47). Diese Bran



**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, Thilo Körkel, Dr. Klaus-Dieter Linsmeier, Dr. Christoph Pöppe, Dr. Frank Schubert, Dr. Adelheid Stahnke, Dr. Gerhard Trageser;  
E-Mail: redaktion@spektrum.de

**Ständiger Mitarbeiter:** Dr. Michael Springer

**Art Direction:** Karsten Kramarczik

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

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

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

**Assistentin des Chefredakteurs:** Ann-Kristin Ebert

**Redaktionsassistent:** Barbara Kuhn

**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 -751;

Amtsgericht Mannheim, HRB 338114

**Geschäftsleitung:** Markus Bossle, Thomas Bleck

**Herstellung:** Natalie Schäfer, Tel. 06221 9126-733

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

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

**Übersetzer:** An diesem Heft wirkten mit: Dr. Markus Fischer, Dr. Werner Gans, Petra Kaiser, Dr. Michael Springer, Dr. Sebastian Vogel.

**Leser- und Bestellservice:** Helga Emmerich, Sabine Häusser,  
Ute Park, 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). Das NaWik ist ein Institut der Klaus Tschira Stiftung gGmbH und des Karlsruher Instituts für Technologie. Wissenschaftlicher Direktor des NaWik ist Spektrum-Chefredakteur Prof. Dr. Carsten Könneker.

Prof. Dr. Carsten Könneker ist Mitglied im Vorstand der Deutschen Gesellschaft der Freunde des Weizmann-Instituts e.V.

**Bezugspreise:** Einzelheft € 8,20 (D/A) / € 8,50 (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: DE5260100700022706708, BIC: PBNKDEFF

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: Patrick Priesmann, Tel. 0211 887-2315, Fax 0211 887 97-2315; verantwortlich für Anzeigen: Annette Freistühler, Postfach 102663, 40017 Düsseldorf, Tel. 0211 887-1322

**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. 36 vom 1.1.2015.

**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:

© 2015 (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 unangefordertes eingedruckte 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, Executive Vice President: Michael Florek, Vice

President and Associate Publisher, Marketing and Business

Development: Michael Voss

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

besteht aus dem beim Zusammenbruch eines vierdimensionalen Sterns ausgestoßenen Material, das der Schwerkraft des Schwarzen Lochs entkommen ist und außerhalb des Ereignishorizonts liegt. Aus diesem Material ist nach dem Modell unser Universum hervorgegangen.

## Ein bisschen Butter hilft

*Der Physiker H. Joachim Schlichting demonstrierte, dass hydrophobe Tüllen nicht mehr tropfen (»Das Ende des Teekanneneffekts«, Februar 2105, S. 48).*

**Christian Amling, Quedlinburg:** Für die Beherrschung des Teekanneneffekts müssen nicht unbedingt Scharen von Physikern jahrzehntelang zum Einsatz kommen, wie es Herr Schlichting beschreibt. Keramiker kennen hier einen einfachen Trick (den Sie auf jedem Töpfermarkt erfahren können). Um die Oberflächenspannung an der Abrisskante der Austrittsöffnung herabzusetzen, wird direkt an dieser Stelle eine winzige Menge Butter mit der Fingerspitze unter die Tülle geschmiert. Ab sofort fließt der Strahl in schönem Bogen aus der Tülle, unabhängig von ihrem Neigungswinkel oder der Temperatur der Flüssigkeit.

Das Ergebnis ist nachhaltig und lang anhaltend, es gilt für Steingut-, Steinzeug-, Porzellan-, Glas- sowie emaillierte oder blanke Metallkannen mit Tülle oder Schnepfe. Probieren Sie es selbst aus – viel Spaß!

## Frage zu Fraktalen

*Drei französische Wissenschaftler stellen ein neues geometrisches Objekt vor, das entsteht, wenn man einen Teil der Ebene längentreu auf eine auto-schlauchförmige Fläche abbildet (»Glatte Fraktale«, Januar 2015, S. 44).*

**Mike Anen, Luxemburg:** Fraktale sind per definitionem Gebilde mit gebrochener Dimension. Könnte die Dimension eines  $C^1$ -Fraktals schon bestimmt werden? Für den im Artikel behandelten Torus müsste die Dimension grö-

ßer als 2 sein, damit er als echtes Fraktal gelten kann.

### Antwort des Autors Vincent Borrelli:

Ein  $C^1$ -Fraktal ist ein Zwischending zwischen einer gewöhnlichen Fläche und einem Fraktal. Seine fraktale Dimension ist die einer gewöhnlichen Fläche, nämlich 2.

Seine fraktale Eigenschaft kommt zum Vorschein, wenn man die Normalenabbildung betrachtet. Sei  $f(u,v)$  eine Parametrisierung unserer Fläche. Dann ist die Flächennormale  $n(u,v)$  im Punkt  $f(u,v)$  der Fläche definiert als der Vektor der Länge 1, der auf der Tangentialebene im Punkt  $f(u,v)$  senkrecht steht. Die Abbildung  $n: (u,v) \rightarrow n(u,v)$  ist nur noch  $C^0$  (stetig, aber nicht mehr differenzierbar). Der Graph von  $n$ , das heißt die Menge aller Punkte  $(u,v,n(u,v))$ , liegt im fünfdimensionalen Raum.

Wir glauben, dass diese Menge ein echtes Fraktal mit Dimension größer als 2 ist, haben das aber noch nicht bewiesen.

## Komplexe selbstorganisierende Prozesse

*Der Neurobiologe Ed Lein und der Mathematiker Michael J. Hawrylycz erstellten die ersten hoch aufgelösten Karten der Genaktivität des Gehirns (»Die genetische Kartierung des menschlichen Gehirns«, März 2015, S. 30).*

**Harald Huber, Remseck:** Die Ergebnisse von Lein und Hawrylycz sind sicherlich beeindruckend. Die Schlussfolgerung jedoch, die früheren Annahmen verschiedener räumlich strukturierter Aktivitäts- oder Funktionszentren, die bei verschiedenen Individuen ähnlich oder gleich strukturiert seien, würden durch diese Ergebnisse widerlegt, erscheint mir zu rasch und nicht wirklich begründet oder zumindest in dieser Absolutheit nicht angebracht.

Es sind eine Vielzahl beispielsweise selbstorganisierender Prozesse denkbar, die zu einer strukturierten Funktionsverteilung im Großhirn führen und die dennoch nicht zwingend unterschiedliche genetisch bedingte Verhal-

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/googleplus](http://www.spektrum.de/googleplus)



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

tensprogramme der einzelnen Zellen bedingen. Bei genetisch bedingt ähnlichem Verlauf der individuellen Entwicklung werden die Funktionszentren auch ähnlich lokalisiert. Es ist sicherlich zu kurz gegriffen zu vermuten, der »Modulaufbau« des Gehirns wäre in den Genen abgelegt. Hier dürften komplexere Prozesse zum Tragen kommen.

## Erratum

*»Permafrost – die große Unbekannte im Klimawandel«, März 2015, S. 78*

In der Grafik auf S. 88 sind die Beschriftungen der Grafiken vertauscht: Die obere zeigt die Temperatur in 2,5 Meter Tiefe, die untere in 11 Meter Tiefe.

## 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

oder per E-Mail: [leserbriefe@spektrum.de](mailto:leserbriefe@spektrum.de)

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