

## UMSTRITTENE WAHRHEITSSUCHE

**Der Naturphilosoph Michael Esfeld begründet in der Titelgeschichte des Augusthefts, warum der Realismus das beste epistemologische Konzept für unsere Erkundung des Universums ist** (»Wissenschaft, Erkenntnis und ihre Grenzen«, *Spektrum* August 2017, S. 12).

Zu diesem Artikel sind zahlreiche ausführliche Leserbriefe eingegangen (nachzulesen unter [www.spektrum.de/artikel/1478201](http://www.spektrum.de/artikel/1478201)). Die nachfolgenden Antworten des Autors behandeln deren Gesamtheit, nicht nur die hier beispielhaft und auszugsweise wiedergegebenen Äußerungen.

### KONSTRUKTIVISMUS

**Sebastian Dilcher, Freiburg:** Dass die Modelle, mit denen wir die Natur beschreiben, zunächst Konstruktionen unseres Geistes sind, wird wohl niemand bestreiten. Wenn man darüber hinaus glauben will, dass die Welt wirklich so ist, kann man das ja – aber dies als »Realismus« und als eine dem Konstruktivismus überlegene Haltung zu bezeichnen, erscheint mir abenteuerlich.

Auch dass es durchaus nicht einfach ist, die Quantenmechanik auf eine reine Teilchenontologie zu gründen, hätte man erwähnen können. Allgemein scheint mir die Haltung des Strukturrealismus eher zur Vernebelung als zur Erkenntnis beizutragen.

**Michael Esfeld:** In dem Artikel konnte ich nur kurz und pauschal auf den Konstruktivismus eingehen. Man muss unterscheiden zwischen der trivialen Tatsache, dass unsere wissenschaftlichen Theorien von uns geschaffen (konstruiert) sind und der durch nichts begründeten Behauptung, dass die Gegenstände, auf welche sich diese Theorien beziehen, von uns geschaffen sind. Die Galaxien im Universum gibt es unabhängig davon, ob jemand von uns sie beobachtet. Im Übrigen würde dann auch der Ausdruck »uns« keinen Sinn mehr ergeben, weil die Autoren der Leserbriefe dann ja mein Konstrukt wären. Die Hirnforschung stützt den Konstruktivismus nicht: Die Neurowissenschaft ist, was die verwendeten Theorien betrifft, angewandte klassische Physik (Mechanik, Elektrodynamik). Man kann nicht Realist in Bezug auf die Hirnforschung und Konstruktivist in Bezug auf die Physik sein.

### FREIER WILLE UND NATURGESETZE

**Stephan Sandhaeger, Germering:** Esfeld nennt mit Objektivität, Einfachheit und Überprüfbarkeit drei wichtige Eigenschaften von Wissenschaft, idealerweise gehört auch Ergebnisoffenheit dazu, also Ergebnisse mutig zu ertragen und nicht in eine erwünschte Richtung schönzudeuten. Dagegen verstößt Esfeld leider selbst beim Ver-

## 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.

such, den »freien Willen« zu retten: Seine Behauptung, aus einer komplett deterministischen (unitär zeitentwickelnden) atomaren Welt folge keine Determiniertheit unserer Handlungen, ist unbegründet und nicht nachvollziehbar. Aber natürlich kann man sich den Begriff freier Wille so zurechtdefinieren, dass er unwiderlegbar wird, etwa als die Tatsache, dass wir zuweilen gemäß unseren Präferenzen handeln oder dass Entscheidungsprozesse im Individuum ablaufen. Wissenschaftlich ehrlicher wäre jedoch, einen weniger narzisstischen oder pastoral verschleiern den Begriff zu verwenden.

**Esfeld:** Ich bin in dem Artikel nur auf den Determinismus eingegangen. Es ist völlig richtig – würde die bloße Tatsache von Naturgesetzen ein Problem für den freien Willen darstellen, ergäbe sich dieses Problem aus probabilistischen genauso wie aus deterministischen Gesetzen. In dem Artikel wollte ich nur den Punkt herausstellen, dass die Gesetze Vorgänge in der Natur repräsentieren (beschreiben), aber nicht diese Vorgänge bestimmen. Kurz gesagt, erst kommen die Prozesse in der Natur, dann die Naturgesetze formuliert in unseren Theorien. Im Übrigen setzt die experimentelle Überprüfung einer naturwissenschaftlichen Theorie voraus, dass der Experimentator frei wählen kann, was er misst (seine Fragen an die Natur frei wählen kann) und diese Wahl nicht durch die Vergangenheit des beobachteten Systems bestimmt ist.



### PHYSIK ALS GRUNDLEGENDE NATURWISSENSCHAFT

**James H. Klein, Potsdam:** Der Artikel verniedlicht das Dilemma der heutigen Physik: Der materialistische Reduktionismus, so erfolgreich er auch über Jahrhunderte hinweg war, ist an seine Grenzen gekommen. Er kann immer weniger erklären, je weiter man ihn treibt, und hat alle Eigenschaften dieser Welt hinter sich gelassen bis auf Masse, Spin und Ladung. Ist das unsere Welt?

Die Welt ist offensichtlich mehr als die Summe ihrer Teilchen, mit oder ohne Relationen zueinander. Wenn man den Weg zu den komplizierteren Systemen geht, zu Molekülen und zu Organismen, wird dies deutlich. Auf jeder Stufe zunehmender Komplexität entstehen neue Eigenschaften, die sich aus den Bestandteilen einer einfacheren Komplexität nicht erklären lassen, da sie dort noch nicht existieren. Es sind emergente Eigenschaften.

Das bedeutet aber auch: Die Physik kann nicht die emergenten Phänomene beschreiben und erklären, wie sie in der

Chemie auftreten. Die Chemie kann das nicht für die Biologie leisten, und diese wiederum kann nicht die emergenten Phänomene erklären, wie sie in der Soziologie auftreten.

Es gibt offenbar keine Wissenschaft, die grundlegender ist als jede andere. Jede deckt einen Teil der Wirklichkeit ab: die Physik den Bereich der elementarsten Teilchen, die Chemie die einfachen Moleküle, die Biologie die komplizierten organischen Molekülketten, die Soziologie und alle Geisteswissenschaften die menschlichen Systeme noch größerer Komplexität. Ist das nicht tröstlich? Die Physik hat uns so viele Neuerungen und Produkte beschert, aber alles, was sie erklären kann, ist Masse, Spin und Ladung. Was tun sich da für zukünftige Möglichkeiten auf für Wissenschaftler jeder Couleur! In Wirklichkeit stehen wir erst am Anfang unserer Erkenntnismöglichkeiten. Und immer noch gilt das Wort von Du Bois-Reymond von 1872: »Ignoramus et ignorabimus.«

**Esfeld:** Die Physik ist deshalb die grundlegende Naturwissenschaft, weil ihre Gesetze für alles Materielle im Universum gelten. Seit Demokrit (siehe »Was die Dinge sind«, **Spektrum** August 2017, S. 14) ist der Anspruch des Atomismus, die Dinge in der Welt dadurch zu erklären, wie sie aus kleinsten Teilchen zusammengesetzt sind und wie sich diese Zusammensetzung durch die Bewegung der kleinsten Teilchen ändert.

Dieser Anspruch ist heute bestens bestätigt: Man denke nur an den Siegeszug der Molekularbiologie (mit aus Molekülen – das heißt letztlich Atomen – zusammengesetzten Genen) oder der Neurowissenschaft (um das Gehirn durch

die Interaktion von Neuronen zu verstehen, die letztlich aus Atomen bestehen). Daraus folgt aber nicht, dass es nur Atome und ihre Bewegungen gibt. Natürlich gibt es komplexe Systeme und ihre neuen Eigenschaften genauso wie Elementarteilchen.

Es geht darum, die komplexen Systeme und ihre Eigenschaften von den einfachen Systemen und ihren Bewegungen aus zu verstehen. Hieran zeigt sich die Erklärungsleistung der Physik. Die Physik kann ja letztlich nicht begründen, wieso die Dinge sich gravitationell anziehen, sondern das nur durch das Gravitationsgesetz und den Parameter der Masse beschreiben. Man stößt an eine Grenze, wenn man bei den fundamentalen Objekten und ihren Verhaltensformen angelangt ist. Aber mit Hilfe unter anderem des Gravitationsgesetzes kann man dann die charakteristischen Eigenschaften höherstufiger Systeme erklären.

## ERRATUM

»Bedrohliche Unentscheidbarkeit«, **Spektrum** September 2017, S. 72

In der Definition des fleißigen Bibers mit zwei Zuständen (Kasten S. 76) muss es in der dritten Zeile [B 0 -> 1 links A] heißen (nicht ... links B). Weiter unten in der Definition des fleißigen Bibers mit vier Zuständen muss die dritte Zeile lauten [B 0 -> 1 links A] (nicht rechts). Robert Krell aus Erlangen hat uns auf die Fehler aufmerksam gemacht.

**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), 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:** Sibylle Franz, Oliver Gabriel, Anke Heinzelmann, Claus Schäfer, Natalie Schäfer

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

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

**Redaktionsassistent:** Barbara Kuhn

**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 -751; Amtsgericht Mannheim, HRB 338114

**Redaktionsanschrift:** Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg, Tel. 06221 9126-711, Fax 06221 9126-729

**Geschäftsleitung:** Markus Bossle, Thomas Bleck

**Herstellung:** Natalie Schäfer

**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. Claudia Hecker, Dr. Ingrid Horn, Dr. Ursula Loos.

**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).

**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. 38 vom 1.1.2017.

**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 nachstehen-

den 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: © 2017 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. 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. 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 Bahnhofsbuchhandel und beim Pressefachhändler mit diesem Zeichen.