



Grenzen der Physik

Der Physiker Tony Rothman kritisierte seine Disziplin, die fundamentale Fragen auf altbekannten Forschungsgebieten nicht beantwortet hätte. (»Die Physik – ein baufälliger Turm von Babel«, Februar 2012, S. 61)

Prof. Dr. Wolfgang Kinzel, Würzburg:

Tony Rothmans Kritik an den Physikvorlesungen mag für das »Undergraduate«-Studium an seiner Universität in Princeton/USA zutreffen, aber für das Physikstudium an unserer Fakultät in Würzburg – und sicherlich überall in Deutschland – gilt das nicht.

Unsere Studentinnen und Studenten lernen, dass Physik keinen absoluten Wahrheitsanspruch hat, sondern auf Hypothesen beruht, die zwar experimentell äußerst gut bestätigt wurden,

die jedoch immer wieder kritisch hinterfragt und gegebenenfalls erweitert oder sogar ersetzt werden müssen. In den Vorlesungen wird keinesfalls verschwiegen, dass Physiker trotz universeller Gesetze auf Näherungen angewiesen sind, um diese Gesetze auf komplexe Systeme anzuwenden. Schwierigkeiten mit der Interpretation und dem anschaulichen Verständnis der Quantenmechanik, mit der Herleitung der statistischen Mechanik und ungelöste Probleme werden offen angesprochen. Rothmans Vorwürfe zu Schmutz, Schwindel, Unredlichkeit, ja sogar Betrügereien bei der Vermittlung der Physik sind daher haltlos.

Selbstverständlich verwenden wir nicht den Großteil unserer Vorlesungen, um ungelöste Probleme zu diskutieren. Wir wollen unsere Studierenden dafür begeistern, dass es einen Teil unserer Natur gibt, für den wir eine Vielzahl von messbaren Phänomenen durch einige wenige mathematische Gesetze erklären können. Wir verschweigen aber auch nicht, dass die Physik (noch?) keine Lösung zu einem großen Teil unserer Natur liefert.

Obwohl also die harte Kritik von Tony Rothman für unser Physikstudium nicht zutrifft, hat sein Aufsatz an

unserer Fakultät unter Studenten und Dozenten zu einer lebhaften Diskussion geführt. Brauchen wir mehr Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie im Physikstudium? Wird zu viel gerechnet und zu wenig verstanden? Müssen die Schwierigkeiten und Grenzen der Physik stärker betont werden? Sollen lösbare Probleme in den Übungen reduziert und mehr Wert auf Näherungsmethoden gelegt werden? Solche Diskussionen sind ein erfreulicher Effekt des Aufsatzes von Rothman, der damit zur ständigen Verbesserung des Physikstudiums beiträgt.

Herbert Kern, Dogern: Ein wohltuender Beitrag zum Zustand der Physik. Neue Entdeckungen werden meist mit dem Titel »Eine der letzten Fragen der Welt ist beantwortet ...« angekündigt, dabei sind viele grundlegende Fragen noch völlig offen. Dem Autor ist es hervorragend gelungen, den Physikern eine neue Bescheidenheit zu verordnen.

Gilbert Brands, Krummhörn: Wenn sich der Autor einmal klarmachen würde, dass es jenseits unserer körperlichen Sensorik (Augen, Ohren und so weiter) nichts gibt, was wir als Menschen im philosophischen Sinn »verstehen« kön-

Spektrum

DER WISSENSCHAFT

Chefredakteur: Dr. Carsten Könneker (v.i.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 Stahnke
 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 Heinzmann, Claus Schäfer, Natalie Meyer
Schlussredaktion: Christina Meyberg (Ltg.), Sigrid Spies, Katharina Werle
Bildredaktion: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe
Redaktionsassistent: Anja Albat-Nollau
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 33814
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: Andrea Jungbauer, Christine Kemmet, Dr. Michael Springer

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) / \$Fr. 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 Portomerkosten 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: Christian Herp, Postfach 102663, 40017 Düsseldorf, Tel. 0211 887 2481, Fax 0211 887-2686
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 Preislite 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 Zugäng-

lichmachung, 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 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.

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.



nen, hätte er nicht diese Probleme. Alle so genannten Erklärungen für Phänomene sind Projektionen in unsere sensorische Welt und haben daher mit ursächlicher Erklärung nichts zu tun.

Die Physik will nichts erklären. Ihre Aussage besteht mehr oder weniger in Sätzen wie diesem: »Wenn du unter diesen Randbedingungen diesen Schalter umlegst, schlägt das Messgerät dort hinten bis zur Marke 5 aus.« Unter Einhaltung der Randbedingungen funktioniert die Physik ausgezeichnet. Die Mathematik ist für die Systematik zuständig, nicht für Erklärungen. Und auch das funktioniert ausgezeichnet.

Ich weiß nicht, warum der Autor die Physik offensichtlich auf das Niveau einer Geisteswissenschaft herunterziehen will, die schon einen völlig anderen Theoriebegriff besitzt (in den Naturwissenschaften dient eine Theorie zur Voraussage, in den Geisteswissenschaften in der Regel zur nachträglichen Begründung). Stört es ihn, dass es noch Wissenschaften gibt, deren Berechnungen und Vorhersagen in der Praxis eintreffen?

Kostenfrage

Matthias Popp stellte eine spezielle Form von Pumpspeicherkraftwerken zur Energiespeicherung vor. (»Ringwallspeicher für die Energiewende«, Februar 2012, S. 84)

Walter Weiss, Kassel: Leider sind die Riesenkosten, die diese Fantasiegebilde des Verfassers auslösen würden, absolut ungerechtfertigt, wenn man ganz simple andere Möglichkeiten gegenüberstellt, die sofort ohne nennenswerten Aufwand praktiziert werden könnten. Nur ein Beispiel: Um ein Kilowatt zu speichern, benötigt man bei Bleibatterien einen Platz von etwa 50 Litern. Bei einem Ringwallspeicher müsste man zur Speicherung der gleichen Menge Energie 4000 Liter Wasser zirka 100 Meter hochpumpen.

Antwort des Autors Matthias Popp: Bei Ringwallspeichern handelt es sich nicht um Fantasiegebilde, sie verursachen auch keine Riesenkosten. Bleiak-

kumulatoren haben Kapazitäten von etwa einer Kilowattstunde und einen Preis von rund 100 Euro bei einer Lebensdauer von zirka fünf Jahren. Diese Akkus könnten durchaus Stromüberschüsse einer Fotovoltaikanlage vom Tag auf die Nacht übertragen. Das ist aber nicht die Herausforderung, um die es geht. Eine Industrienation benötigt auch dann eine zuverlässige Stromversorgung, wenn über längere Zeit kein Wind bläst, die Fotovoltaikanlagen zugeschneit sind oder Nebel herrscht.

Diese Situationen habe ich mit meinen Wetteruntersuchungen über einen fast 40-jährigen Zeitraum analysiert. Ergebnis ist, dass pro Kopf der Bevölkerung eine Speicherkapazität von 100 bis 250 Kilowattstunden benötigt wird, um auch die ungünstigen Wetterperioden sicher zu überbrücken.

Das wären dann pro Kopf der Bevölkerung 10 000 bis 25 000 Euro Kosten für Akkus, bei einer Lebensdauer von fünf Jahren also jährlich 2000 bis 5000 Euro. Im Vergleich dazu liegt die jährliche Stromrechnung eines Einfamilienhaushalts bei rund 700 Euro. Die Kosten für eine Kilowattstunde mit einem Ringwallspeicher können dagegen mit 10 bis 50 Euro veranschlagt werden, bei einer Lebensdauer von mehreren Jahrzehnten.

Bei Ringwallspeichern, die mit Wind- und Fotovoltaik kombiniert werden, ist, je nach Auslegung und konkreten Verhältnissen, eine Energieamortisationszeit von unter drei Jahren zu erwarten. Bei Batteriesystemen läge diese Zeit deutlich höher.

Einfluss des Mondes

Konstruktionsfehler des Auges gehen zurück auf die frühe Entstehung vor mehr als 500 Millionen Jahren, so der australische Sinnesphysiologe Trevor Lamb. (»Das Auge – Organ mit Vergangenheit«, Februar 2012, S. 22)

Franz-Stephan Beyer, Dresden: Im Artikel wird richtig erklärt, dass zunächst simple Lichtsensoren die frühen Tiere über Tag und Nacht und die Jahreszeiten informierten. Es sei allerdings

FOLGEN SIE UNS IM INTERNET



www.spektrum.de/facebook



www.spektrum.de/youtube



www.spektrum.de/studivz



www.spektrum.de/twitter

daran erinnert, dass man schon immer das halbe Leben in der Nacht verbringt und dann der Mond mit seinen verschiedenen hellen Phasen leuchtet. Dieser Rhythmus informiert über die teilweise dramatischen Veränderungen der Gezeitenhübe an den Meeresküsten (Springtiden und Nipptiden), worauf die dort lebenden Tiere ihr Verhalten bis heute angepasst haben und sich dabei am Mondlicht orientieren. Also nicht immer nur an die Sonne denken, der Mond ist auch noch da.

Erratum

»Bakteriengemeinschaften im Darm«, Forschung aktuell, Januar 2012, S. 19
Auf S. 20 muss es statt 100 Trillionen Bakterienzellen 100 Billionen heißen. Wir bitten den Fehler zu entschuldigen.

BRIEFE AN DIE REDAKTION

... sind willkommen! Schreiben Sie uns auf 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

Die vollständigen Leserbrief- und Antworten der Autoren finden Sie ebenfalls unter: www.spektrum.de/leserbriefe