

Ein Denker zwischen zwei Kulturen

Juli 2008

Grenzen der Hirnforschung

Die Wahrscheinlichkeitsgesetze der modernen Physik geben Raum für den Zufall als nicht vorherbestimmbaren, indeterminierten Vorgang, der aus der Lückenhaftigkeit der Naturgesetzlichkeit erwächst und keinen kausalen Beziehungen unterliegt; Letztere sind wahrscheinlichkeitsbedingte, statistische Gesetzmäßigkeiten. Wie kann die Neurowissenschaft annehmen, ein geistiges Prinzip wie den freien Willen materiell ausmessen zu können, mit der kategorischen Behauptung, ihn nicht gefunden zu haben, weil das Wollen und Handeln des Menschen allein durch die Erregungszustände seiner Neuronen fixiert sei? Wenn man schon denkt, die determinierte »Hardware« des Gehirns messtechnisch erfassen zu können, so versagt doch eine vollständige Objektivierung der Hirnprozesse, weil die unscharfe, statistischen Schwankungen unterliegende »Software« menschlichen Verhaltens unbekannt bliebe und auch durch den messtechnischen Eingriff verändert würde. Der Molekulargenetiker Martin Heisenberg schreibt dazu: »Nur für Leistungen können wir im Gehirn die Netzwerke aufspüren, die sie erbringen. Die Grenze der Gehirnforschung liegt, soweit man heute sehen kann, nicht in der außerordentlichen Komplexität von Nervensystemen, sondern in der beschränkten Möglichkeit, seelische Vorgänge als Leistungen zu formulieren.«

Prof. Paul Kalbhen, Gummersbach

Antwort des Autors

Prof. Bernulf Kanitscheider:

Die makroskopische Welt des Handelns belebter Systeme folgt in großer Näherung der klassischen Physik, auch wenn jeder Mikrobestandteil der Organismen den Quantengesetzen unterworfen ist. Im Grenzbereich gibt es zwar einige makroskopische Quanteneffekte, aber ein geworfener Speer folgt immer noch einer klassischen Trajektorie. Wenn dies nicht der Fall wäre, müsste zum Beispiel das Regelsystem der Leichtathletik grundsätzlich geändert werden.

Für das Freiheitsproblem ist gerade der zuverlässige Zusammenhang zwischen der Tat und ihrer Wirkung von entscheidender Bedeutung. Nur wenn beide in einen vom Täter übersehbaren Zusammenhang gebracht werden können, kann man von moralischer Verantwortung sprechen. Wenn wir in einer durchgehend makroskopischen Quantenwelt lebten, könnten wir einen Handelnden nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit für seine Taten belangen.

Wenn ein Quantensprung in der Neurochemie unseres Gehirns über einen Verstärkereffekt unser Handeln bestimmte, wären wir ein Spielball dieser Mikroprozesse, und jede Untat könnte vom Handelnden auf diesen Zufallseffekt zurückgeführt werden können.

Damit jemand als Täter seiner Taten gilt, muss zwischen seiner Handlung und deren Folgen ein erkennbarer gesetzmäßiger Zusammenhang bestehen. Dieser setzt wieder eine starke Kausalstruktur in der Handlungswelt voraus. In dem Maß, wie diese kausale Verknüpfung zwischen den beiden Ereignissen, Tat und Wirkung, statistisch abgeschwächt wird, verliert sich die moralische Verantwortung. Willensfreiheit auf den Zufall zu gründen, führt ins ethische Nirgendwo.

Physikreligiöses Dogma

Ich stimme Herrn Prof. Kalbhen zu, dass die These einer vollkommenen Determiniertheit des menschlichen Willens – trotz der interessanten Experi-



SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT / OLIVER SCHIPP

mente der Hirnforscher – abwegig ist. Im Grunde ist diese These nichts anderes als das – sit venia verbo – physikreligiöse Dogma, dass der Erhaltungssatz der Energie und der erste thermodynamische Hauptsatz auch auf den menschlichen Geist anzuwenden seien. Aus den besagten Sätzen folgt ja, dass es keine physikalischen Wirkungen ohne physikalische Ursachen geben kann. Da nun eine menschliche Willensentscheidung – etwa meine Entscheidung, diesen Leserbrief schreiben – ohne Zweifel physikalische Wirkungen erzeugt, wie zum Beispiel das Niederdrücken der Tasten an meinem Notebook, lautet die Schlussfolgerung: Also muss auch die Willensentscheidung, die hinter diesen physikalischen Wirkungen steht, letztlich auf deterministische physikalische Ursachen zurückzuführen sein.

Reiner Vogels, Swisttal-Odendorf

Antwort des Autors:

Die Erhaltungssätze der klassischen Mechanik und des Elektromagnetismus haben niemals irgendwelche Ausnahmen oder Grenzen erfahren. Auch die Quantenphysik hält an diesen Prinzipien, die auf tief liegenden gruppentheoretischen Sätzen beruhen, fest. Eine Willensentscheidung ist ein Prozess in einem makroskopischen neuronalen System, und dieses physiologische Geschehen muss die Erhaltungssätze erfüllen. Eine Abkopplung des Geistes von seinem materialen Träger, zum Beispiel in einem vorgeblich akasalen freien Entscheidungsakt, würde die Wirkung dieser mentalen Größe unverständlich machen. Der menschliche Geist ist entweder die Funktion eines Subsystems des Gehirns, oder er schwebt über dem Körper, und dann ist er hilflos. Beides kann man nicht haben, die reine immaterielle Spiritualität des Geistes und seine effiziente Wirksamkeit auf den Körper.

Briefe an die Redaktion ...

... sind willkommen! Tragen Sie Ihren Leserbrief in das Online-Formular beim jeweiligen Artikel ein (klicken Sie unter www.spektrum.de auf »Aktuelles Heft« beziehungsweise »Heftarchiv« und dann auf den Artikel).

Oder schreiben Sie mit kompletter Adresse an:

Spektrum der Wissenschaft
Frau Ursula Wessels
Postfach 10 48 40
69038 Heidelberg (Deutschland)
E-Mail: leserbriefe@spektrum.com

Landkarten und Heuhaufen

Die Grenzen der Quantencomputer
Juli 2008

In diesem Artikel wird für die Färbung einer Landkarte eine Lösung mit drei Farben gesucht – es sind offensichtlich vier erforderlich. Das dort beschriebene »Kollisionsproblem« besitzt eine Lösung vom Schwierigkeitsgrad n^2 , also polynomial.

Man nimmt das erste Element und vergleicht es mit der Liste; das ergibt n Schritte. Das der Reihe nach für alle Elemente wiederholt, ergibt $n^2/2$ Schritte. Oder irre ich?

Lorenz Friess, Ulm

Antwort der Redaktion:

Dass Scott Aaronson vom Dreifärbungsproblem spricht, ist kein Schreibfehler. Die Frage ist nicht primär, eine Färbung einer gegebenen Landkarte mit drei Farben zu finden, sondern zu entscheiden, ob es im konkreten Fall überhaupt eine solche Dreifärbung gibt. Dieses Problem ist in der Tat NP-vollständig, auch wenn die Mehrzahl der konkreten Fälle sehr schnell zu lösen ist (ein Land mit nur drei Nachbarn verdirbt die ganze Dreifärbbarkeit).

Beim Kollisionsproblem ist durch Kürzung des Urtexts (bereits im amerikanischen Original) ein Fehler entstanden. Es geht darum, eine so genannte Hash-Funktion zu finden; das ist eine Funktion, die aus einem langen Input

(zum Beispiel einer ganzen Datei) eine kurze Bitfolge (zum Beispiel die Adresse eines Speicherplatzes für diese Datei) berechnet, und zwar so, dass der so errechnete Speicherplatz für die nächste eintreffende Datei möglichst nicht schon belegt ist. Denn dieser Fall (die »Kollision«) erfordert zusätzlichen Aufwand. Ein »natürliches« Maß für die Problemgröße ist die Adresslänge und nicht die Größe des Heuhaufens, die für eine Adresslänge von n Bit gleich 2^n ist.

Erratum

Sieden, Cracken, Veredeln
Wissenschaft im Alltag, Juni 2008

Die Entfernung von Schwefel aus Erdölprodukten geschieht nicht in Claus-Anlagen. Sie wird bei erhöhten Temperaturen (250 bis 350°C) durch Kontakt mit Katalysatoren und Wasserstoff erreicht. Aus dem Schwefel und dem Wasserstoff bildet sich dann der gasförmige Schwefelwasserstoff.

Die Maßeinheit »ppm« für den Schwefelgehalt von Kraftstoffen hat uns auf eine falsche Fährte geführt. Sie wurde chemisch korrekt mit »parts per million« übersetzt. Leider sieht die Realität anders aus. Um nicht Atome oder Moleküle zählen zu müssen, hat sich die Alternative »mg pro kg« eingebürgert, was auch in der rechtlichen Begrenzung des Schwefelgehalts der Kraftstoffe verwendet wird. Das enthält ebenfalls den Faktor eine Million, ist aber nicht von Molekulargewichten abhängig.

Warum wir sterben

Juli 2008

Sterben für neues Leben

Gibt es nicht eine recht einfache Antwort auf die Frage nach dem Sinn des Todes? Damit sich Leben an veränderliche Umweltbedingungen anpassen kann, muss neues Leben entstehen, wobei das neue Leben ungefähr gleich wie das alte ist, aber nicht ganz exakt. Und: Es müssen ständig neue Lebewesen entstehen. Um aber zu verhindern, dass die vorhandenen Ressourcen völlig aufgebraucht werden, muss das alte Leben verschwinden. Kurz gesagt: Evolution benötigt Geburt und Tod.

Dr. Franz Peter Schmitz, Lüneburg

Anstieg der Lebenserwartung

Um 1800 herum betrug die Lebenserwartung in Deutschland ungefähr 31 bis 32 Jahre. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts war sie dann auf zirka 40 Jahre angestiegen.

Es ist daher zwar korrekt, aber trotzdem irreführend, von einer »Verdreifachung der Lebenserwartung innerhalb von 50 Generationen« zu sprechen, denn der eigentliche Anstieg der Lebenserwartung fand erst innerhalb der letzten hundert Jahre statt, was drei Generationen entspricht.

Jörg Michael, Hannover

Spektrum

DER WISSENSCHAFT

Chefredakteur: Dr. habil. Reinhard Breuer (v.i.S.d.P.)
Stellvertretende Chefredakteure: Dr. Inge Hoefler (Sonderhefte), Dr. Gerhard Trageser
Redaktion: Thilo Körkel (Online Coordinator), Dr. Klaus-Dieter Linsmeier, Dr. Christoph Pöppe, Dr. Adelheid Stahnke;
E-Mail: redaktion@spektrum.com
Ständiger Mitarbeiter: Dr. Michael Springer
Schlussredaktion: Christina Peiberg (Ltg.), Sigrid Spies, Katharina Werle
Bildredaktion: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Raben
Art Direction: Karsten Kramarczik
Layout: Sibylle Franz, Oliver Gabriel, Marc Grove, Anke Heinzelmann, Claus Schäfer, Natalie Schäfer
Redaktionsassistent: Eva Kahlmann, Ursula Wessels
Redaktionsassistent: 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: Dr. Carsten Könneker, Richard Zinken (Online)
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: Petra Alm, Dr. Alexa Höhn, Dr. Andrea Kamphuis, Dr. Ursula Loos, Dr. Michael Zillgitt.

Leser- und Bestellservice: 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 € 7,40/sFr. 14,00; im Abonnement € 79,20 für 12 Hefte; für Studenten (gegen Studiennachweis) € 66,60. Die Preise beinhalten € 7,20 Versandkosten. Bei Versand ins Ausland fallen € 7,20 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: GWP media-marketing, Verlagsgruppe Handelsblatt GmbH; Bereichsleitung Anzeigen: Harald Wahls; Anzeigenleitung: Jürgen Ochs, Tel. 0211 6188-358, Fax 0211 6188-400; verantwortlich für Anzeigen: Ute Wellmann, Postfach 102663, 40017 Düsseldorf, Tel. 0211 887-2481, Fax 0211 887-2686

Anzeigenvertretung: Berlin: Michael Seidel, Goethestraße 85, 10623 Berlin, Tel. 030 526821-841, Fax 030 7526821-828; Hamburg: Matthias Meißner, Brandstüwe 1 / 6, 06, 20457 Hamburg, Tel. 040 30183-210, Fax 040 30183-283; Düsseldorf: Hans-Joachim Beier, Kasernenstraße 67, 40213 Düsseldorf, Tel. 0211 887-2053, Fax 0211 887-2099; Frankfurt: Axel Ude-Wagner, Eschersheimer Landstraße 50, 60322 Frankfurt am Main, Tel. 069 2424-4507, Fax 069 2424-4555; Stuttgart: Andreas Vester, Werastraße 23, 70182 Stuttgart, Tel. 0711 22475-21, Fax 0711 22475-49; München: Bernd Picker, Josephspitalstraße 15/IV, 80331 München, Tel. 089 545907-18, Fax 089 545907-24

Druckunterlagen an: GWP-Anzeigen, Vermerk: Spektrum der Wissenschaft, Kasernenstraße 67, 40213 Düsseldorf, Tel. 0211 887-2387, Fax 0211 887-2686
Anzeigenpreise: Gültig ist die Preisliste Nr. 29 vom 01.01.2008.

Gesamtherstellung: Vogel Druck- und Medienservice GmbH & Co. KG, 97204 Höchberg

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: © 2008 (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

415 Madison Avenue, New York, NY 10017-1111
Editor in Chief: John Rennie, Chairman: Brian Napack, President: Steven Yee, Vice President: Frances Newburg, Vice President: Mike Florek, Circulation Director: Christian Dorbandt, Vice President and Publisher: Bruce Brandfon



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

