



H. Dieter Zeh

**Physik ohne Realität:
Tiefsinn oder Wahnsinn?**

Springer, Heidelberg 2012. 218 S., € 29,95

WISSENSCHAFTSTHEORIE

Ein Plädoyer für viele Welten

Zehs Lösung der Quantenrätsel mutet gewagt an. Andererseits sieht die orthodoxe Kopenhagener Deutung allmählich ziemlich alt aus.

Den Physik-Nobelpreis 2012 verdienten sich zwei »Quantendompteure«: Der Amerikaner David Wineland und der Franzose Serge Haroche drangen mit raffinierten Experimenten in den Grenzbereich zwischen klassischer Physik und Quantenmechanik vor (Spektrum der Wissenschaft 12/2012, S. 22). Insbesondere Haroche untersuchte quasi in Zeitlupe das Phänomen der so genannten Dekohärenz – den Übergang einer quantenmechanischen Zustandsüberlagerung in einen eindeutigen, »klassischen« Zustand.

Damit realisierte er ein berühmtes Gedankenexperiment des österreichischen Physikers Erwin Schrödinger (1887–1961). An die Stelle der sprichwörtlich gewordenen Katze, die quantenmechanisch bedingt in einem Schwebezustand zwischen Leben und Tod verharret, solange sie in einem Kasten von der Umwelt isoliert bleibt, trat bei Haroche ein einzelnes Atom. Dieses »Schrödinger-Kätzchen« verlor binnen weniger zehntausendstel Sekunden seinen mehrdeutigen Energiezustand, wenn es mit einigen Photonen wechselwirkte; diese repräsentierten den Einfluss der Umwelt und sorgten dafür, dass das Atom sich für einen bestimmten Zustand entschied.

Solche experimentellen Meisterstücke – zu Zeiten Schrödingers nur in Gedanken ausführbar – sind zunächst pure Grundlagenphysik. Doch sie haben naturphilosophische Konsequenzen.

Vielleicht läuten sie sogar einen regelrechten Paradigmenwechsel in der Interpretation der Quantenmechanik ein.

Die noch immer herrschende Kopenhagener Deutung der Quantenphysik, die unter anderem von dem dänischen Physiker Niels Bohr (1885–1962) stammt, versteht den Übergang von mehrdeutigen Quanten- zu eindeutigen klassischen Zuständen als »Kollaps der Wellenfunktion« beim Messvorgang. Die Wellenfunktion, die den multiplen Quantenzustand repräsentiert, reduziert sich unter dem Einfluss des Messgeräts irgendwie zu dem, was als eindeutiges Ergebnis gemessen wird.

Die Kopenhagener Deutung ist darum eigentlich eine »Zweiweltentheorie«: Die Quantenwelt existiert separat von unserer klassischen Alltagswelt. Der Messapparat, der ganz und gar zur klassischen Welt gehört, zwingt die vieldeutige Quantendomäne gewissermaßen, Farbe zu bekennen und eindeutig Stellung zu beziehen. Erst in dem Moment, in dem wir in Schrödingers Gedankenexperiment den Käfig der armen Katze öffnen, wird sie entweder lebendig oder tot.

Diese Deutung passte Physikern wie Schrödinger und Einstein überhaupt nicht, denn sie macht die Realität – den Zustand der Katze – davon abhängig, ob und wie sie beobachtet wird. Damit schleicht sich in die Physik ein subjektives Moment ein: Der Messvorgang gewinnt eine spezielle Bedeutung gegenüber allen anderen Wechselwirkungen.

Erst das Hantieren des Beobachters mit klassischem Laborgerät entlockt der unbestimmten Quantenwelt reelle Daten und Fakten.

Schrödinger und Einstein hielten darum die Quantenmechanik für eine vorläufige, unvollständige Theorie. Dahinter müsse sich eine klassische Ebene verbergen, in der dem Messprozess keine besondere Bedeutung zukomme. Zumindest die erstere Hoffnung hat sich als falsch erwiesen: Die Quanten erlauben keine Rückkehr zur klassischen Physik. Aber heißt das zugleich, man müsse sich mit der Kopenhagener Zweiweltentheorie und der besonderen Rolle des Messvorgangs abfinden? Nicht unbedingt.

Der Heidelberger Theoretiker H. Dieter Zeh vertritt seit den frühen 1970er Jahren einen »Quantenrealismus«. Demnach bildet die Quantenwelt die fundamentale Realität, und die klassischen Eigenschaften der gewohnten Alltagswelt müssen selbst durch Quantenprozesse erklärt werden. Den in der Kopenhagener Deutung physikalisch undefinierten »Kollaps der Wellenfunktion« beschreibt Zeh als quantenmechanische Wechselwirkung zwischen dem zur Beobachtung ausgewählten Quantenobjekt und dem ebenfalls quantenphysikalisch zu beschreibenden Messapparat. Die beim Messvorgang auftretende Wechselwirkung ist einfach ein natürlicher Dekohärenzprozess des Typs, wie ihn Haroche experimentell realisiert hat.

Durch Haroches und Winelands Versuche hat der »quantenrealistische« Standpunkt, den Zeh schon seit Langem vertritt, sehr an Plausibilität gewonnen. Je feinere Experimente im Übergangsbereich zwischen Mikro- und Makrowelt gelingen, desto künstlicher erscheint die strikte Trennung zwischen Quantenbereich und klassischer Laborwelt. Bei Haroche – und nicht nur bei ihm – sind die vermeintlich klassischen Messsonden längst selbst von der Größenordnung der zu messenden Quantenobjekte.

Allerdings hat Zehs Quantenrealismus einen gewaltigen Pferdefuß, den er im vorliegenden Buch fairerweise nicht unterschlägt, sondern ausgiebig

diskutiert. Die Frage ist ja: Wo bleiben diejenigen in der Wellenfunktion des Quantenzustands angelegten möglichen Messresultate, die im konkreten Fall nicht beobachtet werden? Die Kopenhagener Deutung drückt sich bekanntlich mit der Leerformel »Kollaps der Wellenfunktion« um eine Antwort. Zeh hat zwar eine Antwort anzubieten – aber was für eine!

Wenn wir Zehs Quantenrealismus bejahen – wofür nach meiner Überzeugung die jüngsten Fortschritte der Ex-

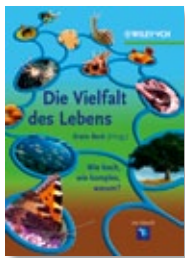
perimentiertechnik sprechen –, dann müssen wir wohl oder übel hinnehmen, dass die bei dem jeweiligen konkreten Messvorgang nicht beobachteten anderen Systemzustände weiter bestehen. Aber wo? Sie bleiben real, sind aber für uns nicht beobachtbar. Vielmehr existieren sie jeder für sich in einer Parallelwelt mitsamt einem parallelen Beobachter weiter. Damit landen wir bei der Vielweltentheorie nach Hugh Everett (1930–1982). Um die Kopenhagener Zweiweltentheorie loszu-

werden, haben wir uns Everetts viele Welten eingehandelt. Ein hoher Preis!

Zeh ist ein klarer Kopf und ein scharfer Polemiker. Die Schwächen der Kopenhagener Deutung spießt er gnadenlos auf. Von den Konsequenzen seines Quantenrealismus hat er freilich bisher nur eine Minderheit der Physiker überzeugen können.

Michael Springer

Der Rezensent ist Physiker und ständiger Mitarbeiter bei »Spektrum der Wissenschaft«.



Erwin Beck (Hg.)

Die Vielfalt des Lebens

Wie hoch, wie komplex, warum?

Wiley-VCH, Weinheim 2012. 246 S., € 24,90

ÖKOLOGIE

Wundervolle Vielfalt

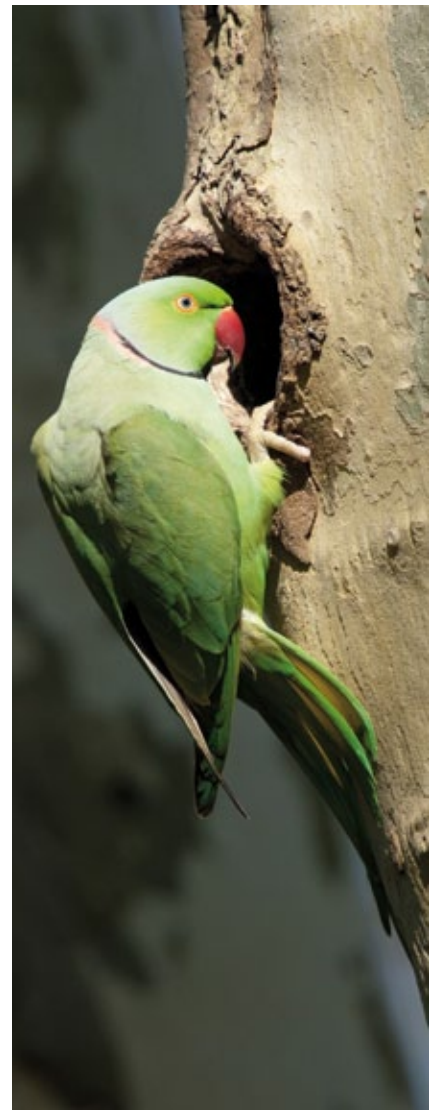
Das Buch breitet die Reichhaltigkeit der Ökosysteme, der Arten und der Gene in aller wünschenswerten Exaktheit aus – aber es ist harte Kost.

Seit die Vereinten Nationen 1992 die Konvention zum Schutz der biologischen Vielfalt (das »Rio-Abkommen«) verabschiedeten, ist der Begriff Biodiversität in aller Munde. Doch was hat sich in über 20 Jahren wirklich getan, um die Vielfalt des Lebens auf diesem Planeten zu erhalten?

Um dieser und anderen Fragen nachzugehen, versammelte Erwin Beck, renommierter Botaniker und inzwischen emeritierter Professor für Pflanzenphysiologie, leitende Wissenschaftler sowie junge Nachwuchskräfte großer deutscher Forschungsorganisationen zu einer Bestandsaufnahme. In spannenden Berichten und mit informativen Exkursen bringen uns mehr als 40 Wissenschaftler zunächst ihre aktuellen Forschungsergebnisse, dann aber auch ihre ganz persönliche Faszination nahe. Da stört es nicht, dass die 22 Fachartikel nicht immer aufeinander abgestimmt

und etwas beliebig auf die sechs Hauptkapitel verteilt sind.

Biodiversität umfasst per Definition drei unterschiedliche Vielfalten: die der Ökosysteme, die der Arten und die des genetischen Materials innerhalb jeder einzelnen Art. In Deutschland ist sie Staatsziel, seit das Bundeskabinett 2007 die »Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt« verabschiedete – unter der aus menschlicher Sicht nicht ganz uneigennützigen Devise »schützen, nutzen, leben«. Erhaltung und nachhaltige Nutzung dieser Vielfalt gelten weltweit als wichtige Grundlagen für den menschlichen Fortbestand. Durch die Verwirklichung von mehreren hundert Zielen und Maßnahmen soll bis 2020 nicht nur der Rückgang der Biodiversität aufgehalten, sondern der Trend sogar umgekehrt werden; denn eine nachhaltige Nutzung setzt Organismenvielfalt voraus.



Die aus Asien und Afrika stammenden Halsbandsittiche (*Psittacula krameri*) leben mittlerweile auch im wärmeren Klima deutscher Städte an Rhein und Main. Sie nisten vor allem in Asthöhlen von Platanen in Parks und Friedhöfen.



Axel Wagner

Das Tier in Dir. Eine Reise durch die Entwicklungsgeschichte des Menschen – Von der Entstehung des Lebens bis zur Gegenwart

Frederking & Thaler, München 2013. 192 S., € 26,99

Dieses Buch macht Spaß – Biologen sowieso, aber bestimmt auch wissbegierigen Laien und größeren Kindern. Zusammengestellt ist es nach der vom SWR produzierten, fachlich kompetent beratenen Fernsehserie »Experiment Verwandtschaft – Das Tier in Dir«. Es erklärt viele Rätsel und verschafft dem Leser jede Menge verblüffende Einsichten in die Geschichte des Lebens von den Uranfängen bis hin zu menschlichen Eigenheiten – die bei Betrachtung unserer Evolution oft gar nicht so merkwürdig sind. Ob Körperbau oder Verhalten, Sinnesleistungen, Gehirnfunktionen oder genetische Ausstattung: Unkonventionell erhalten wir lebendige biologische Vorlesungen. Das alles ist garniert mit aufschlussreichen Bildern, die oft mit den neuen bildgebenden Verfahren erstellt wurden.

ADELHEID STAHNKE



Max J. Kobbert

Wunderwelt Bernstein. Faszinierende Fossilien in 3-D

Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 2013. 96 S., mit CD-ROM und 3-D-Brille, € 29,90

»Focus stacking« feiert spektakuläre Erfolge bei Bernsteinen mit eingeschlossenen Fossilien: Aus einer Serie von Aufnahmen mit verschiedenen Schärfeebenen und geringer Schärfentiefe errechnet ein Computerprogramm ein von vorn bis hinten scharfes Bild. Mit dieser Technik hat Max Kobbert, emeritierter Professor für Kunst- und Wahrnehmungspsychologie und Autor von Gesellschaftsspielen (»Das verrückte Labyrinth«), Stereoaufnahmen von mehr als 300 Objekten erstellt. Da springen einem die Urzeitinsekten förmlich aus dem Bildschirm ins Gesicht, und die feinsten Härchen sind einzeln sichtbar – das Harz muss im entscheidenden Moment sehr dünnflüssig gewesen sein. Geradezu anrührend romantisch sind die Bilder von den Pärchen, die mitten im Paarungsakt dem tödlichen Tropfen zum Opfer fielen und so für die Nachwelt konserviert wurden.

ELKE REINECKE



Doug Saunders

Mythos Überfremdung. Eine Abrechnung

Aus dem Englischen von Werner Roller. Karl Blessing, München 2012. 253 S., € 18,99

»Muslime fühlen sich in erster Linie ihrer Religion und nicht den Werten ihres westlichen Gastlands verpflichtet. Ihr Zorn auf die »Ungläubigen« macht sie zu potenziellen Terroristen; und auf lange Sicht werden sie durch ihren Kinderreichtum die einheimische Gesellschaft majorisieren.« Alles falsch, sagt der kanadisch-britische Journalist Doug Saunders und belegt das durch reichhaltiges Material. Muslime passen sich rasch den niedrigen Geburtenraten ihrer Umgebung an; sie wissen westliche Werte wie Rechtsstaatlichkeit und Meinungsfreiheit fast ebenso zu schätzen wie die Einheimischen, und der »Zorn der jungen Männer« ist nicht in erster Linie von der Religion gespeist, sondern von ihrer schlechten sozialen Lage. Neu ist die Diskussion auch nicht: Anfang des 20. Jahrhunderts wurden in den USA gewisse Einwanderergruppen mit fast denselben Worten als Quelle von Kriminalität, Verderbnis der Sitten und gar einer Verschwörung zur Machtübernahme im Land gebrandmarkt. Es handelte sich um Katholiken und Juden.

CHRISTOPH PÖPPE



Reinhard Osteroth

Metall. Was unsere Welt zusammenhält

Bloomsbury Kinder- und Jugendbücher, Berlin 2012. 147 S., € 16,99

Kupfer, Zinn, Eisen, Gold – schimmernd, glänzend oder matt: Der Historiker und Journalist Reinhard Osteroth schildert, welche Metalle es gibt, welche Eigenschaften sie haben, wie man sie fördert und verarbeitet. In geschichtlichen Abrissen blickt er zurück auf bedeutende Erfindungen, die den Weg vom Roheisen zum Industriestahl geebnet haben: das Puddelverfahren, die Bessemer-Birne oder den Siemens-Martin-Ofen. Eingestreute Reportagen entführen den Leser in die Finsternis eines Bergwerks oder in die Hitze einer Glockengießerei, wo flüssige Bronze plätschernd durch Erdkanäle fließt. Ein fesselndes Jugendbuch, das nicht nur durch seinen Inhalt überzeugt, sondern auch durch edle Gestaltung und ansprechende Bebilderung.

FRANK SCHUBERT

Der erste Buchteil »Biologische Vielfalt entdecken«, konzipiert als eine Art »Reiseführer« zu den Hotspots der Biodiversität, beginnt mit einem recht exotisch anmutenden Beispiel: winzigen Pfeilwürmern, deren Bedeutung erst jüngst die Tiefseeforschung herausgearbeitet hat. Im zweiten Teil geht es um die mikroskopisch kleinen Lebewesen, welche die Existenz aller höheren Organismen einschließlich des Menschen maßgeblich bestimmen. Sie sind die Erzeuger von Sauerstoff und Treibhausgasen, lebensnotwendiger Bestandteil unseres Verdauungstraktes (Bakterien) und Veredler unserer Nahrung (Hefepilze). Eine intensive Auseinandersetzung mit ihnen zeigt nur zu deutlich, dass wir die morphologische Diversität, die genetische und biochemische Vielfalt und die unglaublichen Anpassungsstrategien dieser Organismengruppe noch nicht annähernd erfasst haben. Und das, obwohl inzwischen feststeht, dass beinahe alles, was in einem Ökosystem geschieht, einzig von seinen Bewohnern abhängt.

Als Beispiele für die Entstehung von Biodiversität werden im dritten Hauptteil »Biodiversität verstehen« behandelt: die Artbildung bei Enziangewächsen, der Erfolg der hochdiversen Bromelien (Ananasgewächse) bei der Besiedlung unterschiedlichster Lebensräume auf dem amerikanischen Kontinent sowie die immer noch nicht abgeschlossene Suche nach Mechanismen, die zur Artenvielfalt führen. Dass dafür sowohl tropische Sonnenstrahlfische als auch Korallenriffe im kalten Wasser des Nordatlantiks bemüht werden, macht die Lektüre gerade für den Einsteiger interessant.

Um die Funktionen biologischer Vielfalt tatsächlich verstehen zu können, braucht man Modelle wie zum Beispiel vergleichende Anpflanzungen, welche die Auswirkungen des Artensterbens und die Zerstörung von Lebensräumen und Lebensgemeinschaften auf Ökosystemebene untersuchen. Als Beispiel dienen die Binnengewässer, die über einen ähnlich großen Artenreichtum verfügen wie die Regenwälder, aber wegen der intensiven Wechsel-



75 Prozent der in Mitteleuropa als gefährdet geltenden Pflanzen- und Tierarten, darunter der Kleine Perlmutterfalter (*Issoria lathonia*), leben auf landwirtschaftlichen Flächen.

wirkung mit ihrer Umgebung wesentlich stärker durch menschliche Einflüsse gefährdet sind als andere Ökosysteme.

Der vierte Buchteil beschreibt die zahlreichen extremen Umwelten. Neben dem Leben im ewigen Eis der Pole stehen so genannte biologische Krusten auf Boden oder Fels als besonders angepasste Lebensgemeinschaften im Mittelpunkt der Betrachtung. Dass landwirtschaftliche Bodennutzung und biologische Vielfalt sich unter bestimmten Voraussetzungen nicht ausschließen müssen, erfährt der vielleicht erstaunte Leser im fünften Teil des Bands.

Endlich erhält auch die private Forschung, die Laien in der Freizeit und auf eigene Kosten betreiben, die nötige Anerkennung. Bis heute leisten Hobbyforscher viele teure und zeitaufwändige Kartierungen und Zählungen wie etwa zur Erstellung der Roten Listen sowie detaillierte biologische Langzeituntersuchungen zur Verbreitung und Bestandsentwicklung bestimmter Tier- und Pflanzengruppen – und zwar nachweislich nicht schlechter als die Experten. Immerhin ist der prominenteste Vertreter dieser »Citizen Science« Charles Darwin. Auch Erwin Beck würdigt die Bürgerforschung und fordert die aktive Beteiligung junger und erwachsener Menschen, nicht zuletzt, um kommende Herausforderungen wie

beispielsweise den Klimawandel meistern zu können. Nicht jeder menschliche Eingriff in die Natur ist negativ, so Beck. Vielmehr seien moderate Eingriffe mit dem Ziel, Ökosysteme reicher und stabiler zu gestalten, durchaus nützlich.

Mit einer Diskussion über die Krise der Biodiversität schließt das 246 Seiten starke Sachbuch. Ein Index und ein ausführliches Autorenverzeichnis tragen zur Übersicht bei.

Das Buch ist fachlich auf dem aktuellen Stand und wirkt mit seinem ansprechenden Einband und den vielen Abbildungen durchaus attraktiv. Inhaltlich bedient es den vorinformierten Leser so gut, dass es mit Sicherheit sein Publikum finden wird. Doch die eigentliche angestrebte Zielgruppe, alle Naturinteressierten und insbesondere Lehrer und andere Multiplikatoren, wird an vielen Stellen deutlich überfordert sein, Laien werden frühzeitig die Lektüre beenden – und das, obgleich Claudia von See, Wissenschaftsjournalistin und Chefredakteurin der Zeitschrift »Biologie in unserer Zeit«, die Texte hervorragend aufbereitet hat.

Susanne Hufmann

Die Rezensentin ist Biologin und arbeitet derzeit bei der Gesellschaft für Naturschutz und Auenentwicklung in Rodenbach bei Hanau.



Atul Gawande

Checklist-Strategie**Wie Sie die Dinge in den Griff bekommen**

Aus dem Amerikanischen von Gabriele Zelisko.

btb, München 2013. 252 S. € 9,99

MEDIZIN

Das lebensrettende Häkchen auf dem Papier

Ein Mediziner hält ein leidenschaftliches Plädoyer für eine sehr einfache und trotzdem wirkungsvolle Technik.

Medizin und Luftfahrt haben viele Gemeinsamkeiten. In beiden Bereichen stehen lang ausgebildete und gut bezahlte Menschen einem hohen Maß an Komplexität gegenüber, und menschliche Fehler können weit reichende Folgen haben. Aber es gibt einen auffälligen Unterschied: Fliegen ist wesentlich sicherer als ein Aufenthalt im Krankenhaus. Insbesondere sind

Überblick über die im Zweifelsfall lebenswichtigen Details der Behandlung behalten, haben die Flieger erkannt, dass dieser Anspruch nur mit einem strukturierten Herangehen und Hilfsmitteln erfüllbar ist. Herzstück des zweiten Ansatzes ist die Checkliste.

Den Einstieg ins Buch bilden ein Bericht aus der frühen Luftfahrt und einer aus der modernen Medizin. Anhand

»Das Problem liegt nicht im menschlichen Versagen, sondern in der technischen Komplexität der Aufgabe – in der Luftfahrt ebenso wie in der Medizin«

Fluggäste sehr viel seltener Opfer eines Fehlers als Patienten. Die bekannteste Dokumentation ärztlicher Behandlungsfehler und Fahrlässigkeiten, ihrer hohen Häufigkeit und ihrer schweren Folgen ist die »Harvard Medical Practice Study«. Die erschreckenden Ergebnisse stehen in starkem Kontrast zur beeindruckenden Sicherheit der modernen Luftfahrt.

Wie lässt sich dieser Unterschied erklären, und was können Krankenhäuser von Fluggesellschaften lernen? Atul Gawande, hauptberuflich Chirurg am Klinikum der Harvard University, sieht die wesentliche Ursache in einem unterschiedlichen Umgang mit Komplexität. Während sich die Mediziner darauf verlassen, dass einzelne Menschen den

des Absturzes einer Militärmaschine aus dem Jahr 1935 zeigt Gawande sowohl die Unsicherheit und Anfälligkeit für menschliches Versagen der frühen Flugzeuge als auch die Konsequenzen, die seinerzeit aus dem Absturz gezogen wurden. Letztere, insbesondere die Einsicht, dass das Problem nicht im menschlichen Versagen, sondern in der technischen Komplexität moderner Flugzeuge liegt, führten auf lange Sicht zu der erfolgreichen checklistengestützten Sicherheitsstrategie der modernen Fluglinien.

Das Beispiel der Rettung eines Mädchens, das unter Eis geriet und erst nach mehreren Minuten an die Luft geholt werden konnte, zeigt die Möglichkeiten der Medizin in hochkomplexen

Situationen, wenn klare und im Voraus geübte Algorithmen verwendet werden.

Die zwei wichtigsten Botschaften finden sich bereits am Anfang des Buchs. Erstens: Checklisten funktionieren. Zweitens: Komplexe Systeme können sich ändern.

Eine der Hauptfiguren des Werks ist Peter Pronovost, ein Intensivmediziner und Public-Health-Spezialist am Johns Hopkins Hospital in Baltimore, der sich zum Ziel gesetzt hat, mit Hilfe von Checklisten die Häufigkeit der durch Zentralvenenkatheter verursachten Infektionen zu vermindern. Diese sind auf Intensivstationen häufig und für die ohnehin kritisch kranken Patienten oft lebensbedrohlich. Pronovost konnte mit multizentrischen (in verschiedenen Zentren durchgeführten) Studien zeigen, dass sich diese Infektionen fast gänzlich verhindern lassen, wenn Ärzte und Schwestern den Arbeitsschritten einer einfachen Checkliste folgen. Ein klinisches Problem von hoher Relevanz stellte sich also als weitgehend vermeidbar heraus, ohne dass hierfür mehr nötig war als fünf abzuhakende Punkte auf einem Papier. Allerdings muss die Leitung des Krankenhauses ideell wie materiell hinter dem Projekt stehen.

Anhand weiterer Beispiele aus dem Bauwesen, dem Investmentbanking und nicht zuletzt wieder aus der Zivilluftfahrt variiert Gawande sein Thema, immer mit demselben Ergebnis. Trotz aller Widerstände bei der Einführung – vor allem von Seiten des Establishments – ist der strukturierte Ansatz mit Minimierung der möglichen Fehler durch menschliches Versagen der herkömmlichen Einzelkämpferstrategie weit überlegen.

Allerdings müssen Checklisten gut konstruiert sein, um einen positiven Effekt zu haben. Ihre Entwicklung und vor allem Erprobung sind schwierig, ressourcenintensiv und langwierig. Schlecht auf die Realität abgestimmt, helfen sie nicht, sondern vergrößern nur den bürokratischen Aufwand.

Dieser Umstand spielt eine große Rolle im zweiten Abschnitt des Buchs, in dem der Autor seinen eigenen Ver-

such beschreibt, mit Hilfe der WHO eine Checkliste in verschiedenen Krankenhäusern weltweit einzuführen. Die wichtigsten Resultate: Checklisten reduzieren Komplikationen in Neuseeland ebenso wie in Tansania oder Indien, und zwar nicht nur in komplexen Situationen, sondern auch bei scheinbar gut beherrschbaren Routineabläufen. Sie werden – nach teilweise erheblicher anfänglicher Skepsis – von Schwestern und Ärzten gut akzeptiert und lassen sich einfach in den Arbeitsablauf integrieren. Diese eindrucksvollen Ergebnisse stehen jedoch am Ende eines detailliert beschriebenen, mühsamen Prozesses von Versuch, Irrtum und Verfeinerung.

Die Themen Standardisierung, Ergebnisqualität und »Performance« spielen in den Publikationen Gawandes eine zentrale Rolle. Sehr lesenswert hierzu sind unter anderem seine Artikel im »New Yorker« zur Entwicklung des Apgar-Index – einer Maßzahl zur Beurtei-

lung des Allgemeinzustands von Neugeborenen –, zu den Mukoviszidose-Programmen in den USA und zum Vergleich zwischen Mensch und Computer bei der Herzinfarkt Diagnostik. (Diese Artikel sind auch in seinen Büchern »Complications« und »Better« zu finden.) Seine stets differenzierte und lebensnahe Haltung steht eindeutig für mehr Messung und Transparenz, auch wenn sich möglicherweise hierdurch die Praxis der Medizin ändern sollte.

In diesem Sinn sollte auch »Checklist-Strategie« gelesen werden: nicht als unvoreingenommene Beschreibung einer interessanten Technik, sondern als klare, durchaus parteiliche Befürwortung einer Vorgehensweise (der Originaltitel lautet »The Checklist Manifesto«), die der Autor für eine entscheidende Verbesserung der modernen Medizin hält.

Trotz einiger Längen und einer großen Zahl an Fachausdrücken halte ich das Buch für gelungen. (Gawande hat

Besseres geschrieben; vor allem seine Artikel im »New Yorker« sind deutlich knackiger.) Was lässt sich nach der Lektüre festhalten? Die Checkliste ist ein Instrument, das nachweislich viele Leben retten kann, eine verhältnismäßig einfache Intervention mit bedeutendem, klar messbarem Nutzen. Dieser wird noch zunehmen, wenn das Alltagsgeschäft der Medizin sich weiter spezialisiert und auf viele verschiedene und häufig wechselnde Behandler verteilt.

Aus meiner eigenen Situation (Arzt am Anfang seiner Laufbahn) kann ich Gawandes Begeisterung uneingeschränkt nachvollziehen. Alles Strukturierte wie Algorithmen oder Checklisten ist eine unentbehrliche Hilfe. Wenn man ohne arbeitet, vergisst man immer etwas – vor allem wenn man, wie meistens, nicht alles von Anfang bis Ende selbst macht. Gerade wenn ein problematischer Patient, eine schwierige Krankheit und ein ungünstiger Verlauf zusammenkommen, ist eine

SDW

ABOPLUS

DER PREMIUMBEREICH – EXKLUSIV FÜR ABONNENTEN VON SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT

Jahresabonnenten von *Spektrum der Wissenschaft* profitieren nicht nur von besonders günstigen Konditionen. Exklusiv finden sie auf www.spektrum.de/aboplus auch eine ganze Reihe weiterer hochwertiger Inhalte und Angebote, unter anderem:

- Alle *Spektrum der Wissenschaft*-Artikel seit 1993 im Volltext
- Ein Mitgliedsausweis, dessen Inhaber in zahlreichen Museen und wissenschaftlichen Einrichtungen Ermäßigungen erhält
- Vergünstigte Sonderhefte, Downloads sowie *Spektrum – Die Woche* zum Spezialpreis

www.spektrum.de/aboplus



Tel.: 06221 9126-743

Fax: 06221 9126-751

E-Mail: service@spektrum.com

Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH

Slevogtstraße 3–5 | 69126 Heidelberg

Spektrum
DER WISSENSCHAFT

VERLAG

WISSENSCHAFT AUS ERSTER HAND

Checkliste sehr hilfreich, um sicherzugehen, dass man alles Naheliegende auch wirklich gemacht oder erwogen hat, bevor man an etwas Seltenes denkt, etwas Riskantes unternimmt oder sagt, dass man nichts tun kann.

Angeichts der bewiesenen Vorteile erscheinen die möglichen Gefahren und Nachteile sehr viel spekulativer und schwerer messbar, aber gleichwohl von großer Bedeutung. Die Bedenken ähneln frappant denjenigen, die gegen die »evidenzbasierte Medizin« vorgebracht werden. Werden sich Ärzte in Zu-

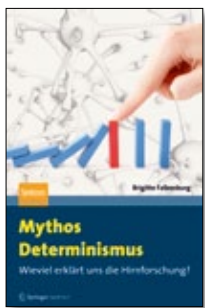
kunft mehr um ihre Checklisten als um das Patienteninteresse kümmern? Werden die Teile der Behandlung und des Arzt-Patient-Verhältnisses, die schwer operationalisierbar sind, ins Hintertreffen geraten? Werden sich von einer checklistenbestimmten Medizin Menschen angezogen fühlen, die mit Clipboards besser umgehen können als mit echten Patienten? Dem lässt sich entgegen, dass eine Checkliste die Erledigung der medizinisch-technischen Details so weit vereinfachen kann, dass Ärzte und Schwestern mehr Zeit für die

Beschäftigung mit dem kranken Menschen haben.

Welcher dieser Aspekte letztlich überwiegen wird, ist unmöglich zu sagen, solange die Checkliste nicht wesentlich mehr ist als eine viel versprechende Idee. Gawandes Buch zeigt, wie diese Idee Realität werden könnte. Einen ernstesten Versuch hat sie sicher verdient.

Ulrich Pöppe

Der Rezensent ist Kinderarzt am Hôpital du Valais in Sion (Schweiz).



Brigitte Falkenburg

Mythos Determinismus

Wieviel erklärt uns die Hirnforschung?

Springer Spektrum, Heidelberg 2012.

458 S., € 24,95

PHILOSOPHIE

Mythos oder Aufklärung

Brigitte Falkenburg verteidigt die Willensfreiheit und stellt dafür die These von der kausalen Geschlossenheit der physikalischen Welt in Frage.

»Verschaltungen legen uns fest: Wir sollten aufhören, von Freiheit zu sprechen.« So bringt der Frankfurter Hirnforscher Wolf Singer das auf den Punkt, was oft als die dritte Kränkung des Menschen durch die Wissenschaft bezeichnet wird. Wir sind nicht im Mittelpunkt der Welt (Kopernikus), nicht die Krone der Schöpfung (Darwin) und nun nicht einmal Herr unseres eigenen Willens?

Unsere tief empfundene Überzeugung, dass wir selbst die Ursache unserer willentlichen Handlungen sind, wollen die Hirnforscher als Illusion entlarven. In der Tradition der Aufklärung propagieren sie einen neuronalen Determinismus, der uns zu Marionetten physikalischer Gesetze degradiert.

Dagegen zu argumentieren, ist nicht einfach. Brigitte Falkenburg, Professo-

rin für Philosophie der Wissenschaft und Technik in Dortmund, ist sowohl in Physik als auch in Philosophie promoviert. In ihrem neuen Buch unternimmt sie es, das »Puzzle der kausalen Zusammenhänge zwischen Gehirn und Geist« auf Lücken zu untersuchen. Werden die Hirnforscher Recht behalten, oder liegen ihrer Argumentation versteckte metaphysische (nicht durch Erfahrung begründete) Behauptungen zu Grunde? Schlägt Aufklärung in Mythos zurück, wenn man den Naturwissenschaften zu viel abverlangt?

Das Grundproblem des Zusammenspiels von Geist und Gehirn präsentiert sie uns als ein »Trilemma« aus drei plausiblen Annahmen, von denen sich jeweils zwei mit der dritten nicht vertragen. Erstens: Mentale und physikalische Phänomene sind strikt verschieden.

Zweitens: Mentale Phänomene können physische Phänomene verursachen. Drittens: Der Bereich der physikalischen Phänomene ist kausal abgeschlossen.

Die dritte Aussage entspricht dem Determinismus von Pierre-Simon Laplace (1749–1827), nach dem sich jeder Zustand der Welt aus strikten Naturgesetzen und als Wirkung einer physikalischen Ursache ergibt. Die neuronalen Deterministen halten an ihr fest und verwerfen die erste Annahme, womit sich die zweite erübrigt. Falkenburg dagegen löst am Ende das Trilemma auf, indem sie die dritte zur »spekulativen metaphysischen Behauptung« herabstuft.

Doch bis dahin gibt es noch viel Lesestoff. Nach einer Einführung in die Wissenschaftstheorie der Naturwissenschaften bespricht Falkenburg die Methoden, mit denen die Hirnforscher versuchen, einen Zusammenhang von Gehirn und Geist herzustellen. Die so genannten bildgebenden Verfahren spielen eine wichtige Rolle, aber sie zeigen die Arbeit des Gehirns noch längst nicht mit hinreichender Genauigkeit in Raum und Zeit. Vor allem liefern sie ebenso wie das Seziermesser nur physikalische und chemische Fakten.

Will man bestimmten Gehirnarealen geistige Funktionen zuordnen, so hilft die Beobachtung pathologischer Fälle. Ein klassisches Beispiel ist das Schicksal des Eisenbahnarbeiters Phineas Gage, dem eine Eisenstange den Stirnlappen des Gehirns zerstörte, worauf sich seine Persönlichkeit drastisch veränderte. Al-

lerdings muss man bei der Kartografie und beim Zuweisen von Funktionen vorsichtig sein. Das Gehirn baut sich ständig um. Extrembeispiel: Ein kleines Mädchen kam mit nur einer einzigen Hirnhälfte aus und hatte, entgegen der Lehrbuchweisheit, sogar ein vollständiges Gesichtsfeld.

Die klassische »Vermessung des Geistes« findet im Versuchslabor statt. Die Probanden werden einem Reiz ausgesetzt, zum Beispiel einem akustischen Signal, und berichten dann über die mentalen Wirkungen, im Beispiel über die Intensität, mit der sie den Schall empfinden. So gelingt es, mentale Wirkungen zu objektivieren. Ein bekanntes Ergebnis ist das Gesetz von Weber und Fechner, nach dem die Empfindungsstärke logarithmisch mit der Reizstärke wächst.

In anderen, berühmt gewordenen Experimenten konnte Benjamin Libet zeigen, dass unser bewusstes Erleben dem Reiz etwa eine halbe Sekunde hinterherhinkt. Und das gilt nicht nur für einen äußeren Stimulus, sondern auch für die Aktivität des eigenen Gehirns. Die Probanden sollten den Entschluss zu einer Handlung fassen und sich den Zeitpunkt merken. Es zeigte sich aber, dass das im Gehirn messbare Bereitschaftspotenzial diesem Zeitpunkt eine halbe Sekunde vorausgeht. Unser Gehirn hat also den Entschluss längst gefasst, bevor wir ihn zu fassen glauben. Falkenburg argumentiert, dass diese Experimente in keiner Weise naturwissenschaftlichen Standards genügen, da sich mentale Ereignisse nicht isolieren lassen. Zwar kann man einen Bewusstseinsimpuls empfinden und auch davon sprechen, doch lässt er sich nicht gegen andere mentale Zustände abgrenzen, insbesondere kausal relevante, die ihm vorausgehen.

Doch damit nicht genug. Falkenburg stellt den Kausalitätsbegriff in Frage. Es handle sich nicht um ein klares Konzept – weder in der Physik noch in der Philosophie. Daher könne man auch nicht allgemein von Ursachen und Wirkungen sprechen. Vielmehr gebe es eine ganze Reihe von wissenschaftlichen Erklärungstypen.

In der Hirnforschung werden dazu oft Mischungen aus deterministischen und indeterministischen Teilprozessen herangezogen. Zum Beispiel enthalten die so genannten neuronalen Netze, deren Komponenten die Signalübertragung in Neuronen hervorragend simulieren, auch stochastische (zufallsabhängige) Algorithmen. Indem sie den Hirnforschern als Modelle für das Gehirn dienen, haben sie eine wichtige heuristische Funktion; aber sie können keine wissenschaftlichen Erklärungen liefern. Falkenburg hält diese theoretische Konstruktion für »eine schwankende Brücke«, die mit Hilfe des Informationsbegriffs über »begrifflichen Sumpf« gebaut werde. Denn die Erklärungsleistung stehe und falle damit, »dass sich entsprechende Vernetzungsleistungen im Gehirn finden lassen«. Doch die Hirnforscher wüssten bisher nicht, wie die Neurone zusammenwir-

Alle rezensierten Bücher können Sie in unserem Science-Shop bestellen

direkt bei: www.science-shop.de
per E-Mail: shop@wissenschaft-online.de
telefonisch: 06221 9126-841
per Fax: 06221 9126-869

ken und was dafür verantwortlich ist, dass etwas in unser Bewusstsein dringt.

Vor dem Hintergrund der gemachten Untersuchungen möchte Falkenburg das oben angesprochene Trilemma auflösen. Sie bekräftigt und konkretisiert die erste der drei Thesen: »Mentale Phänomene sind inkommensurabel zu physischen Phänomenen«, denn sie lassen sich nicht messen, isolieren oder kausal analysieren. Wer das nicht beachte, laufe Gefahr, eine Reihe von Fehlschlüssen zu ziehen.

Für die zweite These, die der mentalen Wirksamkeit, findet sie nicht ganz so starke Worte. Aber sie hält es für sehr unklug, sie aufzugeben. Zumindest heute könne noch niemand erklären, wie es die Neurone schaffen, unser Bewusstsein und unsere Absichten hervorbringen, womit das Versprechen der Neurowissenschaftler, die zweite These werde sich erübrigen, zumindest

vorläufig uneingelöst bleibe. Außerdem spreche die Tatsache, dass wir über Neuroimplantate die physikalische Welt mit unserem reinen Willen beeinflussen können, ebenso für die These wie die alltägliche unmittelbare Selbsterfahrung.

Die These der kausalen Geschlossenheit dagegen erklärt die Autorin zu einer »starken metaphysischen Behauptung«. Sie führt viele Gründe an, sich von ihr zu verabschieden. Stattdessen sollten wir wie Kant das Kausalprinzip nicht als eine Tatsache, sondern als methodologische Forderung verstehen. Hinter allem Geschehen eine Ursache anzunehmen, sei eine Grundlage unseres Denkens; ob dieses Prinzip der Realität an sich zukommt, sei hingegen nicht zu entscheiden.

Das Buch von Falkenburg bietet eine sehr gute, allgemein verständliche Einführung in die Geschichte, die Methoden und die Erklärungsleistungen der Hirnforschung sowie einen Überblick über die aktuellen philosophischen Standpunkte. Es liefert einen bedeutenden Beitrag zur gegenwärtigen Debatte, auch da es bisher kaum große wissenschaftstheoretische Abhandlungen zum Thema gibt. Die Autorin übt meist sachliche und differenzierte Kritik. Nicht zuletzt arbeitet sie ihre eigene Haltung konsequent heraus.

Negativ festzuhalten sind die gelegentlich pauschalisierenden Äußerungen über »die« Hirnforscher, die zum Teil etwas ungenauen Darstellungen philosophischer Positionen im ersten Kapitel und eine in weiten Teilen redundante Form der Darstellung. Schließlich erweckt der Einband eher den Eindruck eines wenig fundierten Schulbuchs, was sich in keinem Fall mit dem Inhalt deckt.

Der Titel »Mythos Determinismus« hält, was er verspricht. Falkenburg möchte davor warnen, im Namen der Aufklärung dem Mythos des laplace-schen Weltbilds zu erliegen.

Roland Pilous

Der Rezensent hat Mathematik und Philosophie an der Freien Universität Berlin studiert. Seither arbeitet er als Lehrkraft für besondere Aufgaben an der Universität Hannover.