

Bewusstsein

Wie erleben wir Gefühle, wie Bewusstsein? „Über unseren Kopf“ ist die naheliegende Antwort. Was genau in unserem Gehirn bewirkt, dass uns Farben, Schmerz und Freude, Vergangenheit und Zukunft, unser Selbst bewusst werden? Was geht in dem Gehirn eines Kompatienten, eines Fetus, eines Hundes, einer Maus oder einer Fliege vor? Und was in den „Gehirnen“ von Computern? Können diese jemals ein Bewusstsein erlangen?

Christof Koch geht in seinem sehr persönlichen, autobiographisch geprägten Buch auf all diese Fragen ein. Er greift auch Fragen nach dem freien Willen auf, nach einer Theorie des Bewusstseins und nach, wie er es nennt, dem „Schreckgespenst seiner Forschung“: Inwieweit ist die Quantenmechanik für das Verständnis des Bewusstseins relevant?



Christof Koch wurde 1956 im amerikanischen Mittleren Westen geboren, wuchs auf in Holland, Deutschland, Kanada und Marokko, wo er im Jahre 1974 am Lycée Descartes mit dem Baccalaureat abschloss. Er studierte Physik und Philosophie an der Universität Tübingen und erhielt seinen Doktor in Biophysik im Jahre 1982 am Max-Planck-Institut für Biologische Kybernetik. Nach seiner Postdoktorandenzeit nahm Koch 1986 einen Ruf ans California Institute of Technology in Pasadena an und ist heute zudem Chief Scientific Officer am Allen Institute for Brain Science in Seattle. Von 1989 bis zu dessen Tod im Jahre 2004 arbeitete er mit Francis Crick an den neurobiologischen Grundlagen des Bewusstseins. Der begeisterte Läufer und Kletterer ist Verfasser von über 300 wissenschaftlichen Veröffentlichungen sowie mehreren Büchern über Biophysik und Computer, die neurowissenschaftliche Grundlage der visuellen Wahrnehmung, Aufmerksamkeit und Bewusstsein, darunter das Sachbuch *Bewusstsein - ein neurobiologisches Rätsel*. Für weitere Informationen sei seine Website unter <http://www.klab.caltech.edu> empfohlen.

Christof Koch

Bewusstsein

Bekenntnisse eines Hirnforschers

Aus dem Englischen übersetzt von Monika Niehaus
und Jorunn Wissmann



Springer Spektrum

Christof Koch
Cal Tech
California
USA

Aus dem englischen übersetzt von Monika Niehaus und Jorunn Wissmann

ISBN 978-3-642-34770-2

ISBN 978-3-642-34771-9 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-642-34771-9

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Spektrum

Übersetzung der amerikanischen Ausgabe: *Consciousness – Confessions of a Romantic Reductionist* von Christof Koch, erschienen bei The MIT Press, © 2012 Massachusetts Institute of Technology. Alle Rechte vorbehalten.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Planung und Lektorat: Merlet Behncke-Braunbeck, Martina Mechler

Redaktion: Jorunn Wissmann, Monika Niehaus

Index: Bärbel Häcker

Einbandabbildung: Anna Zeligowski

Einbandentwurf: deblik, Berlin

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Spektrum ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media.

www.springer-spektrum.de

Für Hannele

Inhalt

Vorwort	XI
Dank.....	XIII
1 In welchem ich das antike Körper-Geist-Problem vorstelle, erkläre, warum ich es mit logischem Denken und empirischer Forschung zu lösen versuche, den geschätzten Leser mit Francis Crick bekanntmache, erkläre, was dieser mit meinem Bestreben zu tun hat, ein Bekenntnis ablege und mit einer etwas traurigen Passage ende	1
2 In welchem ich darüber schreibe, woraus sich mein innerer Konflikt zwischen Religion und Vernunft speist, warum ich schon immer Wissenschaftler werden wollte, weshalb ich eine Anstecknadel von Professor Bienlein trage und wie ich in späten Jahren noch zu einem zweiten Mentor kam	17
3 In welchem ich erkläre, warum das Bewusstsein eine Herausforderung für die wissenschaftliche Weltsicht ist, wie man es empirisch erforschen und dabei mit beiden Füßen fest auf dem Boden bleiben kann, warum Tiere genau so ein Bewusstsein haben wie Menschen und warum Selbst-Bewusstsein nicht so wichtig ist, wie manche denken	37

- 4** In welchem ich von Wissenschafts-Magiern erzähle, die uns zwar sehen, aber nicht erkennen lassen, wie sie die Spuren des Bewusstseins verfolgen, indem sie in unsere Köpfe blicken, warum wir nicht mit unseren Augen sehen, und warum Aufmerksamkeit und Bewusstsein nicht dasselbe sind 69
- 5** In welchem wir von Neurologen und Neurochirurgen erfahren, dass sich manche Neurone sehr für Berühmtheiten interessieren, dass das Zerteilen der Großhirnrinde in zwei Hälften keineswegs auch das Bewusstsein halbiert, dass die Welt durch den Verlust einer kleinen corticalen Region alle Farbe verliert und dass uns die Zerstörung eines zuckerwürfelgroßen Stücks Hirnstamm- oder Thalamusgewebe zu einem Untoten macht 101
- 6** In welchem ich zwei Postulate verteidige, die mein jüngeres Ich unsinnig fand: Wir sind uns der meisten Dinge, die in unserem Kopf vorgehen, nicht bewusst, und Zombies steuern in weiten Teilen unser Leben, auch wenn wir der festen Überzeugung sind, darüber selbst zu bestimmen 131
- 7** In welchem ich alle Vorsicht in den Wind schlage, den freien Willen und den *Ring der Nibelungen* aufs Tapet bringe und berichte, was die Physik über Determinismus zu sagen hat, die beschränkte Wahlfreiheit unseres Geistes erläutere und zeige, dass unser Wille den Entscheidungen unseres Gehirns hinterherhinkt und Freiheit nur eine Empfindung unter vielen ist 161

8	In welchem ich argumentiere, dass Bewusstsein eine grundlegende Eigenschaft von vernetzten Entitäten ist, und von der Theorie der integrierten Information schwärme, die viele rätselhafte Eigenschaften des Bewusstseins erklärt und eine Vorlage für den Bau empfindungsfähiger Maschinen liefert	201
9	In welchem ich zeige, wie ein elektromagnetisches Gerät zur Messung von Bewusstsein aussehen müsste, Bemühungen beschreibe, mithilfe von Gentechnik das Bewusstsein von Mäusen aufzuspüren und mich beim Bau corticaler Observatorien ertappe	243
10	In welchem ich über letzte Dinge nachsinne, die im ernsthaften wissenschaftlichen Diskurs tabu sind, nämlich über Witz, die Beziehung zwischen Wissenschaft und Religion, über die Existenz Gottes, darüber, ob dieser Gott in den Lauf der Dinge eingreifen kann, über den Tod meines Mentors und über die Dinge, mit denen ich mich derzeit herumschlage	265
	Anmerkungen	299
	Literatur	313
	Sachverzeichnis	323

Vorwort

In Ihren Händen halten Sie einen kurzen Abriss der gegenwärtigen Bewusstseinsforschung. In wenigen Stunden können Sie sich damit darüber informieren, wie weit die Naturwissenschaft heute eine der für uns existenziellsten Fragen beantworten kann, nämlich: Wie gelangen subjektive Gefühle, wie gelangt Bewusstsein in die Außenwelt? „Über unseren Kopf“ ist die naheliegendste Antwort, doch sie hilft nicht so recht weiter. Was genau in meinem Gehirn bewirkt, dass mir Farben, Schmerz und Freude, Vergangenheit und Zukunft, ich selbst und andere bewusst werden? Wie verhält es sich mit dem Gehirn eines Komapatienten, eines Fetus, eines Hundes, einer Maus oder einer Fliege? Und wie mit den „Gehirnen“ von Computern? Können diese jemals ein Bewusstsein erlangen? Auf all diese Fragen werde ich eingehen, und noch auf einige mehr, etwa die nach dem freien Willen, nach einer Theorie des Bewusstseins und nach dem Schreckgespenst meiner Forschung: Der Frage, inwieweit die Quantenmechanik für das Verständnis des Bewusstseins relevant ist.

Dennoch ist dies mehr als ein wissenschaftliches Buch – es ist auch ein Bekenntnis und eine Autobiographie. Ich bin nicht nur ein nüchterner Physiker und Biologe, sondern

auch ein Mensch, der nur ein paar Jahre Zeit dafür hat, hinter die Geheimnisse unserer Existenz zu kommen. In den letzten Jahren wurde mir klar, wie sehr meine unbewussten Tendenzen, meine Ansichten und meine persönlichen Stärken und Schwächen mein Leben und meine Arbeit beeinflussen. Ich erlebte, was der Autor Haruki Murakami in einem beeindruckenden Interview beschrieb: „In uns gibt es verschiedene Räume. Die meisten davon haben wir noch nie betreten. Vergessene Räume. Von Zeit zu Zeit finden wir den Weg dorthin. Wir stoßen auf seltsame Dinge ... alte Plattenspieler, Bilder, Bücher ... sie gehören uns, aber wir finden sie gerade zum ersten Mal.“ Einige dieser verlorenen Räume werden Sie kennenlernen, denn sie sind relevant für das, was ich versuche – die Wurzeln des Bewusstseins aufzuspüren.

Pasadena, Kalifornien

Mai 2011

Dank

Ein Buch zu schreiben, zu lektorieren und zu veröffentlichen, erfordert das Zusammenwirken vieler Menschen. Bücher sind ein Zeugnis für das Gute im Menschen – die Freude daran, auf ein fernes Ziel hinzuarbeiten, mit dem Gefühl, etwas gut zu machen, als unmittelbarem Lohn.

Blair Potter lektorierte meinen Text. Sie erkannte die drei grundlegenden Themen in meinem Geschreibsel und entwirrte es. Wenn mein Text wie aus einem Guss wirkt, dann ist das ihr Verdienst. John Murdzek und Katherine Almeida lasen alles akribisch Korrektur, und Sara Ball, Amy Chung-Yu Chou und Kelly Overly gaben wertvolle Hinweise zum Lektorat.

Volney Gay, Professor für Psychiatrie und Religionswissenschaft an der Vanderbilt University in Nashville, lud mich ein, im Frühjahr 2007 im Rahmen der Templeton Research Lectures drei Vorträge zum Thema „Das Problem des Bewusstseins in Philosophie, Religion und Wissenschaft“ zu halten – damit nahm dieses Buch seinen Anfang. Ich danke der John Templeton Foundation dafür, dass sie diese öffentlichen Vorträge so großzügig finanziell gefördert hat.

Würdigen möchte ich zudem die vielen Studenten, Freunde und Kollegen, die Teile des Buches gelesen und

mich auf sprachliche Mängel, Widersprüche und nicht belegte Aussagen hinwiesen – Ralph Adolphs, Ned Block, Bruce Bridgeman, McKell Ronald Carter, Moran Cerf, David Chalmers, Michael Hawrylycz, Constanze Hipp, Fatma Imamoglu, Michael Koch, Gabriel Kreiman, Uri Maoz, Leonard Mlodinow, Joel Padowitz, Anil Seth, Adam Shai, Giulio Tononi und Gideon Yaffe. Heather Berlin schlug den Buchtitel vor, Bruce Bridgeman, McKell Carter und Giulio Tononi nahmen sich die Zeit, den gesamten Text sorgfältig durchzugehen und zu korrigieren. Dank ihrer Mühen sowie ihrer indirekten und direkten Kritik liest sich das Buch flüssiger und hat weniger irritierende Ecken und Kanten.

Ich danke den vielen Institutionen, die mir ein sicherer Hafen waren, vor allem dem California Institute of Technology, das 25 Jahre lang meine intellektuelle Heimat war. In jenen Jahren, den schwierigsten meines Lebens, waren das Caltech und seine Leute mein Fels in der Brandung. Sie halfen mir im Großen und im Kleinen, Dinge zu bewältigen. Die Korea University in Seoul bot mir im Fernen Osten ein Refugium und die Möglichkeit, zu schreiben, zu denken und über all das zu reflektieren, womit sich dieses Buch beschäftigt. Das Allen Institute for Brain Science in Seattle gewährte mir großzügig die Zeit, das Buch zu vollenden.

Die Forschung meines Labors wird von der National Science Foundation, den National Institutes of Health, dem Office of Naval Research, der Defense Advanced Research Projects Agency, der G. Harold & Leila Y. Mathers Foundation, der Swartz Foundation, der Paul G. Allen Family

Foundation und dem World-Class-University-Programm der südkoreanischen National Research Foundation unterstützt. Ich danke ihnen allen.

Kapitel 1

In welchem ich das antike Körper-Geist-Problem vorstelle, erkläre, warum ich es mit logischem Denken und empirischer Forschung zu lösen versuche, den geschätzten Leser mit Francis Crick bekanntmache, erkläre, was dieser mit meinem Bestreben zu tun hat, ein Bekenntnis ablege und mit einer etwas traurigen Passage ende

I can't tell you what it really is, I can only tell you how it feels like.

– Eminem, „Love the Way You Lie“ (2010)

Es war eine ganz alltägliche Begebenheit, die meinem Leben eine neue Wendung gab. Ich hatte schon ein Aspirin genommen, aber die Zahnschmerzen waren noch da. Da lag ich im Bett und konnte nicht schlafen, weil es in meinem unteren Backenzahn pochte.

Um mich von dem Schmerz abzulenken, fragte ich mich, wie es eigentlich dazu kam, dass es so wehtat. Ich wusste, dass eine Entzündung der Zahnpulpa elektrische Signale den Trigeminusnerv hinauf bis zu dessen Ursprungsort im Hirnstamm sendet. Einige Schaltstellen weiter werden Nervenzellen in einem bestimmten Teil der neocorticalen grauen Substanz aktiv und senden ihrerseits elektrische Impulse aus. Derartige bioelektrische Aktivität in diesem Teil

des Gehirns geht mit dem Bewusstsein von Schmerz und der Pein einher, die man dabei empfindet.

Aber – da war gerade etwas im Grunde Unerklärliches geschehen. Wie kann Aktivität im Gehirn, dieser wabbeligen Masse, Gefühle auslösen? Wie kann bloßes Fleisch – so wird der Körper in Cyberpunkromanen oft abfällig genannt – subjektives Empfinden hervorrufen? Oder allgemeiner gesagt: Wie kann etwas Physisches etwas Nichtphysisches, subjektive Zustände erzeugen? Ob es der Zahnschmerz ist, den ich an einem fernen Sommertag an der Atlantikküste verspürte, die Freude beim Anblick meiner Kinder oder der Geschmack eines moussierenden Vouvray, sie alle haben denselben problematischen Ursprung in der Aktivität von Nervengewebe.

Problematisch deshalb, weil zwischen dem Nervensystem und seiner Innenansicht, den subjektiven Empfindungen, die es erzeugt, eine scheinbar unüberbrückbare Kluft besteht. Auf der einen Seite befindet sich das Gehirn, das komplexeste Objekt des bekannten Universums, ein materielles Ding, das den Gesetzen der Physik gehorcht. Auf der anderen Seite befindet sich die Welt der Bewusstheit, die Welt dessen, was wir sehen und hören, der Furcht und des Zorns, der Lust, der Liebe und der Langeweile.

Diese beiden Welten sind eng miteinander verwandt, wie ein Schlaganfall oder ein heftiger Schlag auf den Kopf eindrucksvoll belegen. Oscar Wilde drückte es poetisch aus: „Erst im Gehirn ist der Klatschmohn rot, duftet der Apfel und trillert die Lerche.“ Aber – wie geht diese Transformation nun genau vor sich? Wie konstruiert das Gehirn

bewusstes Erleben? Über seine Gestalt, seine Größe, seine Aktivität, seine Komplexität?

Bewusstsein taucht in den grundlegenden Gleichungen der Physik nicht auf, auch nicht im Periodensystem der chemischen Elemente oder den endlosen molekularen ATGC-Sequenzen unserer Gene. Aber wir beide – ich, der Autor dieser Zeilen, und Sie, der Leser – sind bewusste, fühlende Wesen. Das ist das Universum, in dem wir uns befinden, ein Universum, in dem spezifische Vibrationen hoch organisierter Materie bewusste Gefühle erzeugen. Das Ganze erscheint ebenso magisch wie eine Öllampe, an der man reibt und der ein Lampengeist entsteigt, der uns drei Wünsche erfüllt.

Ich bin ein Nerd. Als Kind baute ich mir meinen eigenen Heimcomputer, um die booleschen Gesetze der Logik umzusetzen. Ich lag wach im Bett und entwarf im Geiste komplizierte Tunnelbohrmaschinen. Daher lag es nahe, dass mich meine Zahnschmerzen überlegen ließen, ob ein Computer wohl Schmerz empfinden könnte. Angenommen, ich würde einen Temperatursensor an meinen Laptop anschließen und diesen so programmieren, dass bei zu hoher Zimmertemperatur das Wort „Schmerz“ in großen roten Lettern auf dem Bildschirm erscheint. Aber würde sich „Schmerz“ für meinen Mac nach irgendetwas anfühlen? Ich schreibe Apple-Produkten gern alle möglichen Eigenschaften zu (vor allem Coolness), nicht jedoch Empfindungen.

Aber warum eigentlich nicht? Weil mein Laptop nach anderen physikalischen Gesetzen arbeitet? Anstelle von positiv oder negativ geladenen Natrium-, Kalium-, Calcium- und Chloridionen, die durch die Nervenzellmembranen ein- und ausströmen, fließen Elektronen über die Gatter

von Transistoren und lassen diese umschalten. Ist das der entscheidende Unterschied? Ich glaube nicht. Wie mir scheint, sind es offenbar die funktionalen Beziehungen der einzelnen Gehirnteile zueinander, die letztlich den Ausschlag geben. Und die lassen sich, zumindest im Prinzip, mit einem Computer nachahmen. Liegt es womöglich daran, dass Menschen organisch sind und aus Knochen, Muskeln und Nerven bestehen, während Computer synthetisch sind und aus Titan, Kupferdraht und Silizium gebaut? Auch das scheint mir nicht entscheidend zu sein. Besteht der Grund dann vielleicht darin, dass sich Menschen nach den Gesetzen von Zufall und Notwendigkeit entwickelt haben, Maschinen aber gezielt entworfen werden? Die Evolutionsgeschichte von Tieren ist eine ganz andere als die digitaler Apparate, und diese Andersartigkeit schlägt sich in ihren unterschiedlichen Bauplänen nieder. Allerdings sehe ich nicht, wie das beeinflussen sollte, wer von beiden ein Bewusstsein hat. Es muss also die physikalische Beschaffenheit des Systems selbst sein, die den Unterschied macht, und nicht wie es dazu wurde, was es ist.

Was ist der Unterschied, der den Unterschied macht?

In der Philosophie bezeichnet man die Schwierigkeit zu erklären, warum jemand etwas fühlen kann, oft als „das schwierige Problem“ des Bewusstseins (*Hard Problem*). Der Begriff wurde von dem Philosophen David Chalmers geprägt. Dieser machte sich Anfang der 1990er-Jahre einen Namen, indem er nach einer schlüssigen, logischen Argumentationskette zu dem Ergebnis kam, dass sich bewusstes Erleben nicht auf die physikalischen Gesetze zurückführen lässt, denen das Universum gehorcht. Diese Gesetze gelten ebenso in einer Welt ohne Bewusstsein oder mit einer an-

deren Art von Bewusstsein. Es wird niemals eine reduktionistische, mechanistische Erklärung dafür geben, wie die objektive und die subjektive Welt miteinander verbunden sind. Der Ausdruck „das schwierige Problem“, „the Hard Problem“ (mit großem H), wurde bald allerorts übernommen. Niemand stellt infrage, dass die physikalische und die phänomenale Welt tagtäglich in Milliarden Menschen aufs Engste miteinander verbunden sind. Es ist die Frage nach dem *Warum*, die uns vor ein Rätsel stellt.

Durch Dave Chalmers habe ich eine wichtige Eigenschaft von Philosophen kennengelernt. Ich hatte ihn eingeladen, vor einigen Neurobiologen und Ingenieuren zu sprechen. Hinterher saßen wir bei einer Flasche Wein zusammen, und ich war überrascht, als er darauf bestand, dass keine empirische Tatsache, keine Entdeckung in der Biologie und kein konzeptueller Fortschritt in der Mathematik ihn von dieser Vorstellung einer unüberbrückbaren Kluft zwischen beiden Welten abbringen könne. Dem schwierigen Problem war mit solchen Entwicklungen nicht beizukommen. Ich war entgeistert. Wie konnten bloße Worte, ganz ohne mathematischen oder physikalisch-empirischen Unterbau, etwas mit einer solchen Gewissheit festlegen? Nach meinem Empfinden hatte Chalmers zwar gewichtige Argumente auf seiner Seite, aber ganz gewiss keinen Beweis.

Seitdem bin ich etlichen Philosophen begegnet, die von der Richtigkeit ihrer Vorstellungen mehr als überzeugt waren. Solches Vertrauen in die eigenen Ideen – ohne sich von den unzähligen konkurrierenden Ideen der anderen irritieren zu lassen, die ja nicht alle richtig sein können – findet man bei Naturwissenschaftlern selten. Da wir es im Experiment ständig mit unserer chaotischen Mutter

Natur zu tun haben, die uns zwingt, selbst die brillantesten und ästhetisch ansprechendsten Theorien zu modifizieren, mussten wir wohl oder übel lernen, einer Idee erst zu vertrauen, wenn alle berechtigten Zweifel an ihr ausgeräumt sind.

Auf irgendeiner unterbewussten Ebene aber hatten diese Streitgespräche eine gewisse Wirkung auf mich. Ihr Tenor war, dass die Wissenschaft in ihrem Streben, die phänomenale Welt zu erklären, an ihre Grenzen stieß, und dass sich das Bewusstsein rationalen Erklärungen und wissenschaftlichen Analysen jenseits empirischer Bestätigungen entzog. Hier setzt die Religion an. Sie liefert eine intuitive, plausible Erklärung für das Phänomen des Geistes: Wir sind bewusste Wesen, weil wir eine unsterbliche Seele besitzen, unser wahres, inneres Selbst. Die Seele ist untrennbar mit einer transzendentalen Wirklichkeit jenseits von Kategorien wie Raum und Zeit und Kausalität verbunden. Diese Seele strebt nach der Vereinigung mit Gott am Ende der Zeit. Das jedenfalls waren die traditionellen Antworten, mit denen ich in meiner gläubigen katholischen Familie aufgewachsen bin.

Religion und Naturwissenschaft sind zwei Wege, sich die Welt, ihren Ursprung und ihre Bedeutung zu erklären. Historisch gesehen waren sie stets Widersacher. Seit der Aufklärung ist die Religion in der westlichen Welt auf dem Rückzug und verliert eine Schlacht nach der anderen. Ein Rückschlag war die Kopernikanische Wende, mit der die Erde aus dem Mittelpunkt des Universums an den Rand einer Galaxie mit Hunderten Milliarden Sternen gerückt wurde. Das schlimmste Desaster aber richtete Darwins Theorie von der Evolution durch natürliche Selektion an.

Diese entthronte den Menschen seiner gottgleichen Herrschaft über den Planeten und ersetzte die Schöpfungsgeschichte durch eine Geschichte, die sich über ganze Erdzeitalter erstreckt, voller Dramatik und dennoch bedeutungslos. Die Evolution entthronte den Menschen; wir sind nur noch eine Spezies unter unzähligen anderen. Die molekularen Spuren in unseren Genen verraten, dass wir uns von der Primatenstammlinie ableiten und in tiefster Vergangenheit der Ursuppe entstiegen sind.

Vieles, was die Religion lehrt, ist folglich mit der modernen Weltansicht nicht mehr kompatibel. Das ist keine große Überraschung, entstanden doch die Mythen und Lehren der großen monotheistischen Religionen in Zeiten, als man über die Größe, das Alter und die Evolution der Erde und der auf ihr lebenden Organismen kaum etwas wusste.

Viele Menschen glauben, die Naturwissenschaften rauben dem Tun, Hoffen und Träumen des Menschen seinen Sinn und ließen nichts als Verzweiflung und Leere zurück. Jacques Monod, ein Wegbereiter der Molekularbiologie, beschrieb dieses Verlorenheitsgefühl so:

Wenn er diese Botschaft in ihrer vollen Bedeutung aufnimmt, dann muß der Mensch endlich aus seinem tausendjährigen Traum erwachen und seine totale Verlassenheit, seine radikale Fremdheit erkennen. Er weiß nun, daß er seinen Platz wie ein Zigeuner am Rande des Universums hat, das für seine Musik taub ist und gleichgültig gegen seine Hoffnungen, Leiden oder Verbrechen.

Zu Collegezeiten schmückte dieses Epigramm mit ein paar ähnlich frostigen Sprüchen von Friedrich Nietzsche und anderen mein Studentenzimmer. Schließlich aber rebellierte

ich gegen diese Darstellung der existenziellen kosmischen Gleichgültigkeit.

Es wird Zeit für ein Bekenntnis. Rückblickend gesehen ist mir nun klar, was mich dazu brachte, mich mit dem Bewusstsein zu beschäftigen: das zwingende und gänzlich unbewusste Bedürfnis, meinen instinktiven Glauben an einen Sinn des Lebens zu rechtfertigen. Ich dachte, die Naturwissenschaften könnten nicht erklären, wie Gefühle entstehen. Indem ich mich ganz der Erforschung des Bewusstseins widmen und damit scheitern würde, würde ich zu meiner eigenen Befriedigung beweisen, dass die Naturwissenschaften das Wesen der Trennlinie zwischen Geist und Körper nicht hinreichend verstehen, das Mysterium der eigentlichen phänomenalen Existenz nicht erklären kann, und dass Monods Verlorenheitsgefühle unangebracht waren. Am Ende aber kam es anders. Und so brachten mich meine Zahnschmerzen auf eine Entdeckungsreise in die Gefilde des Bewusstseins, mit dem schwierigen Problem als Leitstern.

Am Anfang erforschte ich das Körper-Geist-Problem (oder auch Leib-Seele-Problem) gemeinsam mit dem Physiker und Biochemiker Francis Crick. Er hatte 1953 gemeinsam mit James Watson die Doppelhelixstruktur der DNA, also des Moleküls der Vererbung, entdeckt. Dies einzigartige Ereignis, das die Ära der Molekularbiologie einläutete, ist das am besten dokumentierte und berühmteste Beispiel für eine revolutionäre wissenschaftliche Entdeckung. Sie wurde 1962 mit dem Nobelpreis für Medizin gewürdigt.

Wie in dem Buch *Der 8. Tag der Schöpfung*, einer exzellenten Geschichte der Molekularbiologie, von Horace Freeland Judson beschrieben, wurde Francis zum wichtigsten

Kopf auf diesem Gebiet. An ihm und seinen Theorien orientierten sich all die anderen, die fieberhaft den universellen Code des Lebens zu entziffern suchten. Als das erreicht war, wandte sich Francis von der Molekularbiologie ab und der Neurobiologie zu. Im Jahre 1976, im Alter von 60 Jahren, stürzte er sich in diese neue Thematik; gleichzeitig zog er von der Alten Welt in die Neue, von Cambridge nach Kalifornien.

Im Laufe von 16 Jahren verfassten Francis und ich gemeinsam zwei Dutzend wissenschaftliche Artikel und Aufsätze, die sich allesamt mit der Anatomie und Physiologie des Primatengehirns und deren Zusammenhang mit dem Bewusstsein befassten. Als wir Ende der 1980er-Jahre mit dieser Herzensangelegenheit begannen, galt es als Zeichen kognitiven Verfalls, über Bewusstsein zu schreiben. Nobelpreisträger im Ruhestand konnten so etwas machen, Mystiker und Philosophen auch, aber doch nicht ernsthafte Naturwissenschaftler! Ein Interesse am Körper-Geist-Problem mehr als hobbymäßig zu verfolgen, war für einen jungen Professor (und besonders für einen, der noch keinen unbefristeten Vertrag hatte) nicht unbedingt ratsam. Bewusstsein war ein wenig angesehenes Thema; die graduierten Studenten, stets bestens angepasst an die Gepflogenheiten ihrer Altvorderen, rollten mit den Augen und lächelten nachsichtig, wenn es zur Sprache kam.

Doch mit der Zeit änderte sich dies. Mit einer Handvoll Kollegen – Bernie Baars, Ned Block, David Chalmers, Jean-Pierre Changeux, Stanislas Dehaene, Gerald Edelman, Steven Laureys, Geraint Rees, John Searle, Wolf Singer und Giulio Tononi, um nur einige zu nennen – schufen wir eine Wissenschaft vom Bewusstsein. Diese steckt zwar noch in

den Kinderschuhen, steht aber für einen echten Paradigmenwechsel und die Einigkeit darüber, dass das Bewusstsein ein legitimer Gegenstand wissenschaftlicher Forschung ist.

Als Geburtshelferin wirkte dabei die rasante Entwicklung der computergestützten bildgebenden Verfahren mit, die es erlaubten, das menschliche Gehirn ohne Gesundheitsgefährdung routinemäßig in Aktion darzustellen. Diese Techniken hatten eine elektrisierende Wirkung auf die Alltagskultur – MRT- (Magnetresonanz-) Bilder des Gehirns mit vielsagenden Hot Spots begegnen uns heute auf Zeitschriftentiteln, auf T-Shirts und in Filmen.

Die Erforschung der biologischen Grundlagen des Bewusstseins ist heute eine ganz normale, legitime wissenschaftliche Betätigung.

Im Laufe der letzten 25 Jahre habe ich zwei Dutzend Studenten, Postdocs und Mitarbeiter des California Institute of Technology (Caltech) betreut, die sich dieser Erforschung widmen. Ich habe mit Physikern, Biologen, Psychologen, Psychiatern, Anästhesisten, Neurochirurgen, Ingenieuren und Philosophen zusammengearbeitet. Ich habe an unzähligen psychologischen Tests teilgenommen. Ich habe mein Gehirn starken magnetischen Impulsen und schwachen elektrischen Strömen ausgesetzt, meinen Kopf in MRT-Scanner gesteckt, um zu sehen, was sich darin abspielt, und meine Gehirnwellen aufzeichnen lassen, während ich schlief.

Im vorliegenden Buch berichte ich aus vorderster Front von der heutigen Forschung zur Neurobiologie des Bewusstseins. So wie Licht sein eigenes Fehlen, die Dunkelheit, voraussetzt, setzt Bewusstsein das Unbewusste voraus. Wie Sigmund Freud, Pierre Janet und andere im ausgehenden

19. Jahrhundert erkannten, ist vieles von dem, was in unserem Kopf vorgeht, unserem Bewusstsein nicht zugänglich – es ist unbewusst. Wenn wir nach innen sehen, täuschen wir uns ohnehin stets selbst, denn wir betrachten dabei tatsächlich nur einen winzigen Teil dessen, was sich in unserem Kopf abspielt. Diese Täuschung ist der Grund dafür, dass die Philosophie des Selbst, des Willens und anderer Aspekte unseres Geistes seit über 2000 Jahren nicht sehr fruchtbar war. Dennoch kann, wie ich an späterer Stelle beschreiben werde, das Unbewusste unser Verhalten grundlegend beeinflussen. Auch auf das dem verwandte Problem des freien Willens gehe ich ein, auf das Gefühl, eine Handlung bewusst initiiert zu haben, und auf die Frage, wie Physik, Psychologie und Neurochirurgie diesen metaphysischen Knoten nach und nach lösen. In aller Stille haben nämlich Entdeckungen auf diesen Gebieten einen entscheidenden Aspekt des Problems des freien Willens enträtselt.

Zu guter Letzt beschreibe ich eine plausible quantitative Theorie des Bewusstseins, die erklärt, warum bestimmte Arten hoch organisierter Materie, insbesondere Gehirne, ein Bewusstsein haben können. Die Theorie der *integrierten Information*, entwickelt von dem Neurowissenschaftler und Psychiater Giulio Tononi, erklärt ausgehend von zwei grundlegenden Axiomen letztlich alles Phänomenale in der Welt. Das ist keine spekulative Philosophie, sondern führt zu konkreten neurobiologischen Erkenntnissen, zur Konstruktion eines Bewusstseinsmessers, der das Ausmaß des Bewusstseins bei Tieren, Babys, Schlafenden, Kranken und anderen abschätzen kann, die sich nicht selbst zu ihrem Erleben äußern können. Die Theorie hat weit reichende Auswirkungen, die in manchem an die prophetischen

Gedanken von Pierre Teilhard de Chardin erinnern (über ihn später mehr).

Wie Entdeckungen in der Astronomie und Kosmologie zeigen, begünstigen die Gesetze der Physik die Bildung stabiler, schwerer Elemente über Wasserstoff und Helium hinaus. Diese Gesetze greifen unglaublich exakt ineinander und setzen eine exakte Balance der vier Grundkräfte der Physik voraus; andernfalls hätte unser Universum niemals das Stadium erreicht, in dem Wasserstoff und Helium ungeheure glühende Massen bilden – langlebige Sterne, die die Felsplaneten in ihren Umlaufbahnen mit einem unendlichen Strom an Energie versorgen. Die Materie, aus der diese Planeten mit ihrer Hülle aus Gestein, Erde und Luft bestehen – Silizium, Sauerstoff und dergleichen – entstand im Inneren der nuklearen Schmelzöfen der ersten Generation von Sternen und verteilte sich mit deren explosivem Todeskampf im umgebenden Raum. Wir bestehen, ganz wörtlich, aus Sternenstaub. Dieses dynamische Universum gehorcht dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik: Die Entropie eines geschlossenen Systems kann nicht abnehmen, oder anders gesagt: Das Universum entwickelt sich hin zu maximaler Unordnung und Gleichförmigkeit. Das schließt aber nicht die Bildung stabiler Inseln der Ordnung aus, die sich aus dem umgebenden Ozean freier Energie speisen. Die ausnahmslose Gültigkeit dieses Gesetzes brachte die statistische Gewissheit mit sich, dass auf einigen dieser Inseln im Kosmos letztlich langkettige, komplexe Moleküle entstehen würden.

Als dieser entscheidende Zustand einmal erreicht war, wurde der nächste Schritt ebenso wahrscheinlich: Genesis, die Entstehung des Lebens in einer Höhle oder in einem

Gewässer auf der frühen Erde oder auch andernorts, unter fremden Himmeln. Die durch Fossilfunde belegte, immer größer werdende Komplexität der Organismen ist eine Konsequenz des gnadenlosen Wettstreits um das Überleben, der die Evolution vorantreibt.

Im Zuge dieser Entwicklung entstanden erste Nervensysteme und ein erster Anflug von subjektivem Empfinden. Die anhaltende Komplexifikation der Gehirne, um einen Begriff von Teilhard de Chardin zu verwenden, förderte das Bewusstsein, bis schließlich das Selbst-Bewusstsein entstand: ein über sich selbst reflektierendes Bewusstsein. Dieser Prozess setzte vor Millionen von Jahren bei einigen höher entwickelten Säugetieren ein. Im *Homo sapiens* hat er seinen vorläufigen Höhepunkt erreicht.

Doch die Komplexifikation hört mit dem individuellen Selbst-Bewusstsein nicht auf. Sie findet weiter statt, und das sogar mit zunehmender Geschwindigkeit. In den heutigen hochtechnisierten und miteinander eng verwobenen Gesellschaften nimmt sie suprainsdividuelle, kontinentumspannende Formen an. Angesichts der blitzschnellen weltweiten Kommunikation, die Mobiltelefon, E-Mail und soziale Netzwerke bieten, prophezeie ich, dass die wimmelnden, milliardenstarken Menschenmassen mit ihren Computern eines Tages in einer gewaltigen Matrix, einem weltumspannenden *Übergeist*, miteinander verknüpft sein werden. Wenn es der Menschheit gelingt, den Untergang infolge eines atomaren Infernos oder kompletter Umweltzerstörung zu vermeiden, gibt es keinen Grund, warum sich dieses Netz wuchernden Bewusstseins nicht auf die anderen Planeten und letztlich durch das Dunkel des Universums in der gesamten Galaxis ausbreiten sollte.

Jetzt wissen Sie, warum mich der Neuropsychologe Marcel Kinsbourne einen *romantischen Reduktionisten* nennt: Reduktionist, weil ich in der rastlosen und stets variablen Aktivität von Milliarden winziger Nervenzellen und ihren Zehntausenden von Synapsen nach quantitativen Erklärungen für das Bewusstsein suche; romantisch, weil ich fest daran glaube, dass das Universum Spuren von Bedeutung aufweist, die wir wie Kondensstreifen am Himmel über uns und in unserem tiefsten Inneren erkennen können. Es gibt eine *Sphärenmusik*, und wir können Fetzen davon hören, ja sogar eine Ahnung von ihr als Ganzes bekommen, wenn wir nur genau hinhören.

Der Untertitel dieses Buches gebraucht das vielversprechende Wort „Bekenntnisse“. Dieses Genre wurde von Augustinus in der Spätantike begründet, und bis zu den heutigen Talk- und Realityshows im Fernsehen hat es einen (manchmal üblen) Geruch von Exhibitionismus, Eigennutz und Verlogenheit an sich. Ich will mit derlei nichts zu tun haben. Außerdem gilt für mich als schreibender Wissenschaftler eigentlich das strikte Gebot, keine subjektiven, persönlichen Aspekte einzubringen. Darum werden wissenschaftliche Artikel oft im blutarmen Passiv formuliert: „Es wurde nachgewiesen, dass ...“ – um nur ja den Eindruck zu vermeiden, dass Forschung von Menschen aus Fleisch und Blut betrieben wird, und das womöglich nicht nur aus hehren Gründen.

Auf den nächsten Seiten werde ich Ihnen von mir und meinem Leben erzählen, jedenfalls soweit es für die Fragen relevant ist, was mich – bewusst oder unbewusst – bewogen hat, bestimmten Problemen auf den Grund zu gehen, und warum ich eine bestimmte wissenschaftliche

Haltung eingenommen habe. Letztlich verraten wir ja mit der Wahl unseres Berufesfeldes viel über unsere innere Motivation.

In den letzten Jahren, da mein Leben unweigerlich seinen Zenit überschritten hat, bin ich von meinem Weg abgekommen. Leidenschaften, die ich nicht kontrollieren konnte oder wollte, führten mich in eine ernste Krise, die mich dazu zwang, mich meinem Glauben und meinen inneren Dämonen zu stellen. Im ersten Gesang der Hölle (Inferno) findet Dante in seiner *Göttlichen Komödie* dafür die richtigen Worte:

Als unseres Lebens Mitte ich erklommen,
Befand ich mich in einem dunklen Wald,
da ich vom rechten Wege abgekommen.

Aber bevor ich zu sehr solchen Nachtgedanken nachhänge, will ich Ihnen von meinen jungen Jahren berichten und davon, welche Bedeutung sie für meine wissenschaftliche Arbeit und mein Bild vom Gehirn haben.

Kapitel 2

In welchem ich darüber schreibe, woraus sich mein innerer Konflikt zwischen Religion und Vernunft speist, warum ich schon immer Wissenschaftler werden wollte, weshalb ich eine Anstecknadel von Professor Bienlein trage und wie ich in späten Jahren noch zu einem zweiten Mentor kam

*Bedenkt doch euren Ursprung, denkt, ihr seid
Nicht wie das Vieh! und nie dürft ihr erkalten
Bei dem Erwerb von Kenntnis, Tüchtigkeit.*

*Als diese kleine Rede ich gehalten,
Da setzt ich die Genossen so in Brand,
Daß ich sie kaum dann mehr zurückgehalten!*

*Zum Osten hin ward unser Heck gewandt;
Die Ruder: Schwingen zu dem tollen Fliegen!
So hielten wir uns immer linker Hand.*
– Dante Alighieri *Die göttliche Komödie, Hölle* (1531)

Meine Kindheit war glücklich, besessen von Wissen, Struktur und Ordnung. Meine beiden Brüder und ich wurden von unseren Eltern in bester liberal-katholischer Tradition erzogen, wobei die Naturwissenschaften – auch die Evolu-