

dtv

Die Forschungsfelder der Naturwissenschaften sind so vielfältig wie das Leben selbst. Praktische, teilweise ganz zufällige Entdeckungen und geistreiche Theorien haben im Laufe der Jahrhunderte zu immer weiter reichenden Erkenntnissen geführt. Detlev Ganten, Thomas Deichmann und Thilo Spahl präsentieren den heutigen Wissensstand und führen dem Leser leicht verständlich vor Augen, was das Leben in all seinen Facetten ausmacht, von Raum und Zeit bis zum Erdinneren, von den ersten Lebewesen bis zur Genforschung. Sie zeigen, dass einerseits viele Fragen, die die Menschheit seit der Antike bewegten, heute beantwortet werden können, dass uns andererseits die Wissenschaft in rasantem Tempo vor immer neue gesellschaftliche Herausforderungen stellt und Fragen aufwirft, auf die gültige Antworten noch gefunden werden müssen. »Ein mutiges und in seinem Umfang einzigartiges Unterfangen. Die Artikel, so die Autoren, liefern die Basics und sollen vor allem neugierig machen auf mehr: Tipps zum Weiterlesen finden sich im Anhang. Die Texte sind zumeist verständlich und flott, bisweilen witzig geschrieben.« *Die Zeit*

*Detlev Ganten*, geboren 1941, ist seit Frühjahr 2004 Vorstandsvorsitzender der Charité-Universitätsmedizin Berlin. Zuvor war er Gründungsdirektor des Max-Delbrück-Centrums für Molekulare Medizin (MDC) Berlin-Buch. Dr. med. Detlev Ganten hat einen Lehrstuhl für Klinische Pharmakologie an der Freien Universität Berlin und zählt zu den herausragenden Persönlichkeiten in der europäischen Forschungslandschaft. Er ist Mitglied im Nationalen Ethikrat und war u. a. Vorsitzender der Hermann-von-Helmholtz-Gemeinschaft deutscher Forschungszentren und Präsident der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte.

*Thomas Deichmann*, geboren 1962, ist Journalist und Chefredakteur von »NOVO«, dem »Magazin der Zukunftsdenker« ([www.novo-magazin.de](http://www.novo-magazin.de)).

*Thilo Spahl*, geboren 1966, ist Diplom-Psychologe und freier Wissenschaftsjournalist mit dem Schwerpunkt Life Sciences in Berlin.

Detlev Ganten

Thomas Deichmann · Thilo Spahl

NATUR  
WISSEN  
SCHAFT

Alles, was man  
wissen muss

Deutscher Taschenbuch Verlag

*Für Kiara Mahulani, Olivia Lorena, Jasper David,  
Jenny Mareike, Anton Jeremy und Lucie.*

**Ausführliche Informationen über  
unsere Autoren und Bücher  
finden Sie auf unserer Website  
[www.dtv.de](http://www.dtv.de)**

Ungekürzte Ausgabe

Oktober 2005

4. Auflage April 2010

Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH & Co. KG,  
München

© Eichborn AG, Frankfurt am Main, Oktober 2003

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Sämtliche, auch  
auszugsweise Verwertungen bleiben vorbehalten.

Umschlagkonzept: Balk & Brumshagen

Umschlagbild: Tullio Pericoli/Margarethe Hubauer Illustration

Satz: Druckerei C. H. Beck, Nördlingen

nach einer Vorlage von Susanne Reeh

Druck und Bindung: Druckerei C. H. Beck, Nördlingen

Gedruckt auf säurefreiem, chlorfrei gebleichtem Papier

Printed in Germany ISBN 978-3-423-34237-7

## An die Leser

Dieses Buch handelt vom Leben und von der Welt, in der wir leben. Es geht uns besonders um die naturwissenschaftlichen Grundlagen und um die Evolution des Lebens, die im Zeitalter der Genomforschung zu einem neuen Selbstverständnis des Menschen führen. Eng verbunden mit der biologischen Evolution sind die Entwicklung unserer Kulturen sowie die großen intellektuellen Leistungen der Menschen, die Grundlage unserer realen Lebenswelt und der Bildung sind.

Zu leicht lassen wir uns von der Gegenwart gefangen nehmen. Das Hier und Heute ist uns selbstverständlich, und unsere derzeitige Sicht der Welt erscheint uns natürlich. Jeder weiß, dass die Erde rund ist und um die Sonne kreist. Wir kennen den Platz unseres Planetensystems im Kosmos, den Aufbau der Erde und den Platz des Menschen unter den lebenden Kreaturen. Alle Kontinente sind in Stunden erreichbar. Die Kommunikation ist weltumfassend. Als sei es nie anders gewesen.

Es war aber vor gar nicht langer Zeit alles anders. Ändern wir unser Zeitmaß und denken statt in Tagen und Wochen in Generationen und Jahrhunderten, so zeigt sich das Gestern als eine fremde Welt. Vor 100 Jahren fehlte die komplette Technik, die heute unseren Alltag prägt. Auch von einem großen Teil der Natur wussten wir nichts und so existierte er für uns nicht. Wir kannten weder Gene noch Hormone, keine Ozonschicht, keine Synapsen im Gehirn, keine Galaxien im Kosmos, keine Blutgruppen, keine Photonen, keine Raumzeit, keine Vitamine. Atome galten als unteilbar und Kontinente als unbeweglich. Vor 200 Jahren gab es in unserer Vorstellung keine Evolution, weder Viren noch andere Krankheitserreger, keine Dinosaurier, keine Gehirnströme, keine Neandertaler, keine Radioaktivität. Das Alter der Welt wurde auf 5800 Jahre datiert, und niemand wusste, dass er seine eigene Existenz der Vereinigung von Ei- und Samenzelle verdankt.

Den modernen Menschen gibt es erst seit etwa 100 000 Jahren. *Homo sapiens* war von Anfang an ein denkender Mensch. Doch er hat erst spät begonnen, Wissen um des Wissens willen zu gewinnen. Er hat damit eine kulturelle Tour de Force gestartet, die die Welt in wenigen Jahrtausenden in eine komplett andere verwandelte. Wissenschaftliches Denken entstand in den frühen Hochkulturen vor nicht viel mehr als 6000 Jahren, evolutionsgeschichtlich also vor einer Sekunde und fast gleichzeitig in Ägypten, Mesopotamien (4000 v. u. Z.), Kreta (3000 v. u. Z.), Babylon und China (2000 v. u. Z.) mit einer ersten Blüte der Wissenschaft im modernen Sinne in Griechenland (ab 600 v. u. Z.) – zunächst im kleinasiatischen Milet und dann in Athen. Es begann die Suche

nach der Wahrheit, die seitdem einen Kern menschlicher Kultur bildet. Naturwissenschaften und Geisteswissenschaften haben den gleichen Ursprung: die Neugier, wissen zu wollen, was hinter allen Erscheinungen und Beobachtungen als erste Ursache und letzter Beweggrund steht. So trugen die ersten wissenschaftlichen Schriften der frühen griechischen Wissenschaftler häufig den Titel »peri physeos« (über die Natur) und ihre wichtigste Frage war die nach der »Arche«, nach dem tragenden Grund der gesamten Wirklichkeit.

Wer sich heute ins Dickicht einer Metropole wie Beijing, New York, Rom, Paris, London, Berlin oder Kyoto begibt und Museen durchstreift, kann in die Kulturgeschichte der letzten 50 000 und die Naturgeschichte der letzten 4 Milliarden Jahre eintauchen, um dann wieder in die Hightech-Schluchten des 21. Jahrhunderts zurückzukehren. Ihm eröffnen sich große Zusammenhänge der Entwicklung unserer Welt und des Menschen. Bilder, Eindrücke und Assoziationen entstehen, die durch Worte nur unvollständig beschreibbar sind. Unser Horizont ist weiter denn je.

Wenn wir heute die Welt betrachten, sehen wir sie vor allem in Bewegung. Sie ist nicht statisch, sondern in ständiger Entwicklung begriffen. Das Gleiche gilt für die Wissenschaft selbst: Neues Wissen führt zu neuen Fragen und neuen Perspektiven. Es gibt keine Dogmen mit Ewigkeitsanspruch. Jede Theorie fordert dazu auf, widerlegt und durch eine neue, präzisere oder umfassendere ersetzt zu werden.

Die faszinierende Dynamik der letzten Jahrhunderte mag durch die der folgenden übertroffen werden. Wer mit der Entwicklung Schritt halten will, muss in der Lage sein mitzudenken. Es reicht nicht, nur die aktuelle »Benutzeroberfläche« der Welt zu kennen. Wissenschaftlicher Fortschritt führt nicht notwendig zu gesellschaftlichem Fortschritt. Er schafft jedoch Gestaltungsspielräume, die es nach demokratischer Meinungsbildung zu nutzen gilt. Daher muss in einer aufgeklärten Gesellschaft sichergestellt sein, dass die Fähigkeit zu wissenschaftlichem Denken und die Kenntnis der wichtigen wissenschaftlichen und technischen Errungenschaften nicht einer kleinen Gruppe von Experten vorbehalten bleiben.

In diesem Buch haben wir zusammengestellt, was man über das Leben, die Natur und Wissenschaft selbst wissen sollte, um sich zu Beginn des dritten Jahrtausends an der Suche nach der Wahrheit beteiligen und bei der Gestaltung der Zukunft engagieren zu können. Wir wollen den Blick in die Vergangenheit und in die Zukunft öffnen. Wir möchten, dass unsere Leser eine Vorstellung vom großen Entwurf der Evolution der Menschheit, unserer Lebenswelt, der Erde und des Universums bekommen und zu einem tieferen Verständnis der Ursprünge unserer Kultur gelangen, um besser in der Lage zu sein, die Grundlagen für unsere gemeinsame Zukunft zu schaffen.

# INHALT

<b>ÜBERSICHT</b> .....	9
<b>EINLEITUNG</b> .....	14
<b>1. DIE ENTFALTUNG DES LEBENS</b> .....	35
Das ist Leben .....	38
Evolution .....	58
Mikroorganismen .....	94
Pflanzen.....	111
Tiere .....	127
Pilze.....	144
<b>2. UNSER LEBENSRAUM</b> .....	147
Die Entstehung unseres Planeten .....	168
Das Erdinnere.....	176
Die Kontinente.....	184
Die Ozeane .....	198
Die Atmosphäre .....	204
Naturkatastrophen .....	221
Natürliche Ressourcen.....	232
<b>3. LEBEN IM UNIVERSUM</b> .....	255
Das Universum .....	258
Das kosmische Inventar .....	272
Unser Sonnensystem .....	278
Materie und Energie .....	282
Raum und Zeit.....	311
Außerirdisches Leben .....	324
Offene Fragen.....	332
<b>4. MENSCHENLEBEN</b> .....	333
Menschwerdung.....	337
Mensch und Genom.....	351

Der gesunde Körper und der kranke Mensch .....	391
Ernährung .....	427
Alter und Tod .....	436
<b>5. LEBEN MIT BEWUSSTSEIN UND GEHIRN .....</b>	<b>439</b>
Aufbau des Gehirns .....	442
Erkrankungen des Gehirns .....	467
Anatomie des Denkens .....	472
Evolution des Geistes .....	485
<b>AUSBLICK .....</b>	<b>533</b>
Große Bücher der Wissenschaften .....	543
Bücher zum Weiterlesen .....	561
Zeittafel der Wissenschaften .....	578
Personenregister .....	593
Sachregister .....	599
Danksagung .....	611

# ÜBERSICHT

## **Anmerkungen zum Leben, zur Natur und zu den Wissenschaften sowie deren Bedeutung für die Gesellschaft**

In der Einleitung fragen wir uns, welche Bedeutung das Erforschen der Natur, das kritische Nachdenken über das Leben und über die Fortschritte in den Naturwissenschaften für unsere Gesellschaft und für unser tägliches Leben hat. Wir kommen zu dem Schluss, dass Wissenschaft unseren Alltag durchdringt, ohne dass viele sich dessen bewusst werden, und dass die Konsequenzen der Forschungsergebnisse groß sind und weiter wachsen.

Unsere Zukunft wird in hohem Maße davon abhängen, ob nur wenige Experten darüber informiert sind und die Weichen stellen oder ob viele von uns über das Rüstzeug für eine kritisch nachfragende, informierte, das heißt wissenschaftliche Weltsicht verfügen. Alle Menschen haben einen forschenden Blick und einen kritischen Geist, sind also grundsätzlich in der Lage, sich mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen auseinander zu setzen. Doch die Einheit von Kultur und Wissenschaft ist brüchig geworden, und die intellektuelle Debatte über die Zukunft leidet unter dem Auseinanderfallen. Wir plädieren daher für die Rückbesinnung auf das umfassende Bildungsideal der Aufklärung und für eine Pflicht zum Optimismus bei der Gestaltung unserer gemeinsamen Zukunft.

### *1. Die Entfaltung des Lebens*

Vor fast 4 Milliarden Jahren begann sich in den urzeitlichen Ozeanen erstes Leben zu regen. Seitdem herrschen ständiges Entstehen und Vergehen. Es geht beileibe nicht ständig bergauf, aber das Leben auf der Erde wird immer vielfältiger. Wie alles begann, werden wir vielleicht nie mit Sicherheit wissen. Wie es in den letzten 3,5 Milliarden Jahren weiterging, ist jedoch mittlerweile recht gut bekannt. Die Theorie der natürlichen Auslese beschreibt, welchen Gesetzen die Entfaltung des Lebens folgt und bildet einen der Stützpfeiler unseres heutigen Weltbilds. Die Welt ist nicht statisch, sondern dynamisch. Paläontologen und Genetiker haben die Entwicklung des Lebens aus Fossilien und dem Vergleich des Erbguts rekonstruiert; sie haben beschrieben, wie aus einigen Fischen vor 400 Millionen Jahren Lurche und wie aus einigen Affen vor 2 Millionen Jahren Menschen wurden.

Wir geben einen Überblick über die Ursprünge des Lebens auf der Erde, über Pflanzen, Tiere, Pilze und Mikroorganismen, gestern und heute. Wir zeichnen nach, wie die Wissenschaft immer tiefere Einblicke gewinnt in die elementaren Vorgänge des Lebens: mikroskopisch und molekular in das Innere einer Zelle und ins Genom; makroskopisch in die umfassenden ökologischen Zusammenhänge der verwobenen Lebensgemeinschaften auf dieser Erde. Wir zeigen, was der Mensch von der Natur lernen kann und wie er mit der Genomforschung begonnen hat, im Buch des Lebens zu lesen und auch zu schreiben.

## *2. Unser Lebensraum*

Der Planet Erde ist der einzige uns bisher bekannte Lebensraum im Universum. Wir beschreiben, wie er entstanden ist, dass er sich wie auch das Leben ständig verändert und wie er in ferner Zukunft wieder zu kosmischem Staub zerfallen wird. Wir schauen zurück auf alte historische Versuche, dem Erdgeschehen Sinn zu geben, bevor man erkannte, dass alle natürlichen Vorgänge auf der Erde – ob Regen, Sturm, Erdbeben oder Vulkanausbrüche – wie in einem lebenden Organismus zusammenhängen und bevor man zu erforschen begann, wie dieses komplexe Wechselspiel einschließlich der dramatischen Naturkatastrophen den Fortbestand des Lebens erst ermöglicht.

Wir zeigen, wie die Erkundung und technische Nutzung der natürlichen Ressourcen die menschliche Kultur und unseren Alltag in wenigen Jahrhunderten grundsätzlich verwandelte. Alles, was wir heute nutzen, gewinnen wir aus der obersten Schicht der Erdkruste, die zum größten Teil von Meeren bedeckt ist. Unsere Zivilisation fußt auf der Verarbeitung einiger weniger Stoffe – am wichtigsten Ackerboden, Eisen, Erdöl und Quarzsand – und der Energie der Sonne. Die Kräfte der Natur bestimmen noch immer unser Leben und stellen zugleich noch immer eine große Bedrohung dar. Deshalb ist es so wichtig, die Mechanismen, die zu Erdbeben, Vulkanausbrüchen, Flutwellen und Trockenperioden führen, zu verstehen und auch langfristige Prozesse wie die Veränderung der Erdatmosphäre und des Klimas verlässlich zu modellieren.

## *3. Leben im Universum*

Die Wahrnehmungsorgane des Menschen sind nicht für kosmische Dimensionen gemacht. Ohne Hilfsmittel erkennen wir nur einen kleinen Ausschnitt unseres Lebensraumes. Wir können dem Licht nicht hinterher schauen, wenn es sich mit 300 000 Kilometern pro Sekunde durch den Raum bewegt. Und doch kennen wir uns mittlerweile in den Weiten des Universums aus. Galaxien und Sterne sind inventarisiert. Seit New-

ton gelten einheitliche Gesetze im Himmel und auf Erden. Die Quantentheorie liefert eine verlässliche Beschreibung der Vorgänge im Innern von Atomen und Molekülen und Einsteins Relativitätstheorien bilden die Grundlage des modernen Verständnisses von Raum, Zeit, Materie und Energie. Dennoch bleibt der Kosmos voller Rätsel.

Der Anfang von allem hört seit einem halben Jahrhundert auf den Namen »Urknall«. Doch was genau sich damals abspielte, kann nur in theoretischen Modellen entworfen werden. Auf einige zentrale Konzepte zur Beschreibung des Universums, wie dunkle Materie, dunkle Energie und schwarze Löcher, muss die Wissenschaft noch viel Licht werfen, um zu einer klaren Vorstellung zu kommen. Mit wissenschaftlichen Geräten, Teleskopen, Satelliten, Messinstrumenten erweitern wir den Blick unserer Wahrnehmungsorgane in unsere kosmische Umwelt. Zu den spannendsten Fragen zählt die nach den anderen, den vielleicht existierenden intelligenten Wesen, die an Orten leben, von denen Licht oder Radiowellen Millionen Jahre brauchen, um zu uns zu gelangen.

#### 4. MenschenLeben

Der Mensch hat sich in seiner Entwicklung vor etwa 7 Millionen Jahren von seinem nächsten Verwandten, dem Schimpansen, getrennt. *Homo sapiens* hat Sprache und Kulturfähigkeit entwickelt, die ihn zur dominierenden Spezies auf diesem Planeten machten. Wir betrachten, wie der Mensch zum Menschen wurde und widmen uns besonders dem menschlichen Körper mit seinen Stärken und Schwächen, Gesundheit und Krankheit. Seit der endgültigen Öffnung des Körpers für die forschenden Blicke der Anatomen im 17. Jahrhundert dringen wir mit Röntgenapparaten und Laboranalysen immer tiefer in den Körper ein, unsere Organe werden immer exakter beschrieben und ihr Funktionieren immer besser verstanden. Mit der Genomforschung können wir sogar aus dem Innersten des Körpers, dem Kern der Zelle, in dem sich die Erbanlagen mit den Genen befinden, den Blick auf den Ursprung der Körperfunktionen richten. Damit wurde für die Medizin ein Wendepunkt erreicht. Seit wenigen Jahren werden Krankheiten immer weniger nach ihren äußeren Symptomen und immer mehr nach den zugrunde liegenden inneren Veränderungen auf der Ebene der Gene, Proteine und Zellen beurteilt und behandelt: die molekulare Medizin ist entstanden.

Der tiefe Blick in den Körper hinein und aus dem Genom heraus bleibt nicht ohne Auswirkungen auf unser Menschenbild. Der »molekulare Mensch« ist ein zunehmend durchschaubarer, möglicherweise formbarer Mensch. Dies ist zweifellos eine große Chance, wenn es um den Kampf gegen Krankheiten geht. Es wird von vielen jedoch auch als Bedrohung gesehen und stellt große Anforderungen an den bioethischen Diskurs und die demokratische Gestaltung der Gesellschaft.

## 5. *Leben mit Bewusstsein und Gehirn*

Zu den spannendsten Gebieten der Wissenschaft zählt die Erforschung von Geist und Gehirn. Hier hat in den letzten zwei Jahrzehnten eine Wissensexplosion stattgefunden, die dennoch wohl nur als Reisevorbereitung gelten darf für den Aufbruch zu einer interdisziplinären Expedition in unser Innerstes. Für diese rüstet sich ein bunt gemischtes Team von Biologen, Anthropologen, Genetikern, Informatikern, Mathematikern, Physikern, Neurologen, Psychologen, Roboterkonstrukteuren und Philosophen. In den Neurowissenschaften treffen neueste Untersuchungsmethoden auf philosophische Fragen, mit denen wir uns schon seit Jahrtausenden beschäftigen, etwa nach der Freiheit des Willens, dem menschlichen Bewusstsein oder der Möglichkeit von Erkenntnis. Wir nutzen unser Wissen über die natürliche Evolution, um zu verstehen, wie Geist, Sprache, Wahrnehmung, Intelligenz und Gefühle in die Welt gekommen sind und die unterschiedlichen Ausprägungen angenommen haben, in denen wir ihnen heute bei Mensch und Tier begegnen.

Wir beschreiben das Gehirn als Ensemble von geistigen Organen, aus deren enger Vernetzung wundersame Fähigkeiten resultieren: einen Tetraeder im Geiste zu drehen, sich zu verlieben, Sexualität zu verstehen oder die stammesgeschichtliche Entstehung des Gefühls der Dankbarkeit und der Verantwortung zu analysieren.

### **Auf dem Weg zu einer humanen Wissensgesellschaft**

In einem kurz gehaltenen Ausblick fragen wir uns, welche Lehre aus dem in Jahrtausenden angesammelten Wissen über die Natur, das Leben und den Kosmos zu ziehen ist, und wir schlagen ein aufmunterndes Wort als Antwort vor. Die Lehre lautet: Das Leben geht weiter. Und es verändert sich weiter. Bewahren wir also einen freien Blick in den Raum der Möglichkeiten und vertrauen wir auf die Wissenschaft, die uns hilft, sie zu erkennen und mit Zuversicht und Selbstvertrauen zu nutzen.

### **Große Bücher der Wissenschaften**

Einerseits sind die Naturwissenschaften der einzige Bereich menschlichen Wirkens, der sich durch kontinuierlichen Fortschritt, nämlich die objektive Zunahme von Wissen auszeichnet. Andererseits verläuft auch hier der Fortschritt unstetig mit Phasen ruhiger Fahrt, unterbrochen von Sprüngen und Wendungen, denen unser besonderes Interesse gilt. Wir haben eine Liste von Büchern und Aufsätzen zusammengestellt von Aristoteles über Isaac Newton, Charles Darwin, Max Planck, Albert Einstein bis James Watson, die den Verlauf der wissenschaftlichen Welterkenntnis nachhaltig prägten.

## **Bücher zum Weiterlesen**

Unser Buch ist untypisch für populärwissenschaftliche Literatur, denn es bemüht sich um große inhaltliche Breite, was notwendig großen Mut zur Lücke erfordert. Wir hoffen, dass viele Leser unsere Darstellung so anregend finden, dass sie die Lücken schmerzlich empfinden und das dringende Bedürfnis haben, mehr zum jeweiligen Thema zu erfahren. Glücklicherweise gibt es viele gute Bücher, die geeignet sind, unseren Überblick mit spannenden und detaillierten Einblicken in die weite Welt der Wissenschaft zu ergänzen. Wir haben eine Liste mit solchen Titeln zusammengestellt.

## **Zeittafel der Wissenschaften**

In allen Kapiteln dieses Buches versuchen wir zu zeigen, dass Wissenschaft im historischen Kontext ihrer Entstehungsgeschichte gesehen werden muss und dass sie sich in engem Zusammenhang mit Kunst, Technik, Politik und Philosophie entwickelt. Wie das Leben selber evolutionär entstand, so baut sich die Erkenntnis zum Teil auf dem Bestehenden, zum Teil durch dessen Zerstörung oder im eklatanten Widerspruch dazu auf. In der Zeittafel der Wissenschaften sind ausgewählte Daten besonders der naturwissenschaftlichen Entwicklung und deren Zusammenhänge und Wirkungen auf unsere Kultur aufgenommen.

## EINLEITUNG

Habe Mut,  
dich deines eigenen Verstandes  
zu bedienen!

### *Anmerkungen zum Leben, zur Natur und zu den Wissenschaften sowie deren Bedeutung für die Gesellschaft*

Der große Philosoph Immanuel Kant (1724–1804) erwarb sich im 18. Jahrhundert Verdienste auch als Astronom. Er formulierte eine erste schlüssige Theorie über die Entstehung des Sonnensystems, in dem wir leben, und widmete sich in der Folge intensiv den weltanschaulichen Fragen, die seine Forschungen aufwarfen. Kant stellte sich auf die Seite des Fortschritts und des Wandels. Beeindruckt von der Entschlossenheit der französischen Aufklärer, mit überholten Traditionen, Werten und Moralvorstellungen zu brechen, schrieb er im September 1784:

»Aufklärung ist der Ausgang des Menschen aus seiner selbstverschuldeten Unmündigkeit. Unmündigkeit ist das Unvermögen, sich seines Verstandes ohne Leitung eines anderen zu bedienen. Selbstverschuldet ist diese Unmündigkeit, wenn die Ursache derselben nicht am Mangel des Verstands sondern der Entschließung und des Mutes liegt, sich seiner ohne Leitung eines andern zu bedienen. Sapere aude! Habe Mut, dich deines eigenen Verstandes zu bedienen, ist also der Wahlspruch der Aufklärung.«

Fünf Jahre nach der Niederschrift von Kants Essay *Was ist Aufklärung?* kam es 1789 zur Französischen Revolution. Liberté, Egalité, Fraternité – Freiheit, Gleichheit, Brüderlichkeit – waren die Schlagworte des neuen, selbstbewussten Bürgertums. In ganz Europa entstand ein neues Lebensgefühl und verhalf der mit der Renaissance einsetzenden Befreiung aus veralteten geistigen und materiellen Zwängen und zum Teil verkrusteten Strukturen der Neuzeit zum Durchbruch. Der aufgeklärte Mensch wurde zum Ideal einer neuen Epoche. Auf Grundlage der kulturellen, wissenschaftlichen und technischen Errungenschaften der alten Kulturen und den neuen Ansätzen der Naturfor-

sung zog die Menschheit in den kommenden 200 Jahren mutig weiter. Die wissenschaftliche und industrielle Revolution und die Durchsetzung der parlamentarischen Demokratie brachten ein hohes Maß an Freiheit und einen stetig wachsenden Lebensstandard. Wir lernten, viele Krankheiten in den Griff zu bekommen, schwere körperliche Arbeit von Maschinen erledigen zu lassen, unsere Mobilität zu steigern oder kurz, wie der Philosoph Jürgen Mittelstraß es formulierte, unsere Kultur »als Inbegriff aller menschlichen Arbeit und Lebensformen« ständig weiterzuentwickeln. Die Umbrüche der damaligen Zeit waren ohne Zweifel viel dramatischer als das, was heute an »Reformbedürftigkeit« unseres Systems diskutiert wird. Dabei kam es immer wieder zu Rückschlägen mit zum Teil gravierenden Folgen – Kriege, Diktaturen und nicht beherrschbare Katastrophen. Dennoch waren Renaissance und Aufklärung ohne Zweifel eine entscheidende Etappe der Wissenschaftsgeschichte, der zivilisatorischen Entwicklung und der Emanzipation der Menschheit von natürlichen und gesellschaftlichen Zwängen. Die Entwicklung seither hat uns die Möglichkeiten eines selbst gestalteten, angenehmen und langen Lebens beschert, dessen sich längst nicht alle, jedoch immer mehr Menschen erfreuen können, samt einer Vielfalt von Errungenschaften unserer schillernden Weltkultur. Diese positive Entwicklung unserer Kultur ist, trotz eines seit einigen Jahren vor allem in den westlichen Ländern ausgeprägten Krisenempfindens, ungebrochen.

Zu Beginn des 21. Jahrhunderts befinden wir uns wiederum an einer bedeutenden Schwelle. Die rasch wachsenden wissenschaftlichen Erkenntnisse und die Entwicklung hoch moderner Technologien eröffnen uns die Möglichkeit, unsere Lebensverhältnisse im globalen Maßstab weiter zu verbessern. Die vielfältigen Fortschritte in den Naturwissenschaften, von denen in diesem Buch die Rede sein wird, lassen die Realisierung vieler Menschheitsträume in greifbare Nähe rücken. Moderne Physik und Chemie ermöglichen ein immer tieferes Verständnis von Materie, woraus sich neue Werkstoffe entwickeln lassen. Die sich rasant entwickelnden Computertechnologien verbessern unsere globalen Kommunikations- und Interaktionsmöglichkeiten. Die Biowissenschaften geben Anlass zur Hoffnung, die große Zahl der bis heute unheilbaren schweren Krankheiten deutlich zu verringern. Die Neurologie erlaubt mittlerweile tiefe Einblicke in die Funktionsweise unseres Gehirns. Moderne biotechnologische Anwendungen in der Landwirtschaft können die Ernährungslage auf der Erde trotz wachsender Weltbevölkerung weiter verbessern. Neue Energietechnologien stehen bereit, um den baldigen Ausstieg aus der Nutzung fossiler Brennstoffe, die langsam zur Neige gehen, zu erreichen. Wir leben ohne Zweifel in einer Zeit brillanter Fortschritte in vielen Wissensgebieten und Technologiefeldern. Der vielfach postulierte Aufbruch in eine Wissensgesellschaft bringt diesen Optimismus zum Ausdruck. Wissen wird zur entscheidenden Ressource und zum neuen Maßstab für politische und gesellschaftliche Entscheidungen.

Doch ist das nur die eine Seite der Medaille. Offenbar ist die aktuelle Lage nicht ganz so rosig wie beschrieben. Es gibt auch Gegenreaktionen. Das zeigen die Diskussionen um die Wissensgesellschaft. Während manche diesen Begriff mit einem ausgesprochen positiven Blick in die Zukunft verbinden, ist für viele andere die Vorstellung einer von naturwissenschaftlichem Fortschritt geprägten Zukunft Anlass zu großer Sorge. Wenn sie an das Morgen denken, kreisen ihre Gedanken um Klonarmeen, kollabierende Ökosysteme, neue, sich schnell ausbreitende Seuchen, entmenschlichte Cyborgs, ihrer Würde beraubte Designerbabys, künstliche Killerviren und außer Kontrolle geratene Nanomaschinen. Hier zeigt sich eine starke Verunsicherung auf individueller wie institutioneller Ebene. Angesichts der neuen Möglichkeiten, in die Vorgänge der Natur einzugreifen, ist das nachvollziehbar. Wir begegnen hier einem ganz grundsätzlichen Problem der Wissensgesellschaft, auf die wir uns seit langer Zeit und in rasantem Tempo seit der Renaissance und der Aufklärung zubewegen.

Der Wunsch, wissen und verstehen zu wollen, Neues zu entdecken und Erfindungen zum eigenen und gesellschaftlichen Vorteil zu nutzen, wurde zur wesentlichen Triebfeder der modernen Gesellschaft. Daraus erwuchs ein organisiertes Wissenschaftssystem mit eigens dafür eingerichteten Gremien und zahlreichen Forschungs- und Förderorganisationen – hierzulande zum Beispiel der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), der Max-Planck-Gesellschaft (MPG), der Hermann-von-Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF), der Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz (WGL) und der Fraunhofer-Gesellschaft (FhG) – und den Schulen und Universitäten als Basis für das gesamte Bildungs- und Forschungssystem. Auch die Wirtschaft investiert große Summen in dieses Wissenschaftssystem.

Der rasche Erkenntniszuwachs des globalen Wissenschaftsbetriebs liefert ständig Impulse für die Veränderung unseres Alltags und unserer Gesellschaften und verlangt von jedem, immer wieder umzudenken, Altes in Frage zu stellen und Neues zu bedenken – nichts ist garantiert. Auch das kann zu persönlicher und institutioneller Verunsicherung führen. Eine Gesellschaft braucht daher Orientierung und Zeit, um über neue Entwicklungen nachzudenken und zu diskutieren, denn Fortschritt ist langfristig nur denkbar, wenn er von der Gesellschaft als Ganzer getragen wird. Der aufgeklärte, verantwortungsbewusste Mensch und nicht die Verfügbarkeit einer Technologie entscheidet, wo es langgehen soll.

Kleine oder große Vertrauenskrisen in Hinblick auf bestimmte Aspekte technischer Entwicklungen hat es immer gegeben und wird es auch in Zukunft immer wieder geben. Sie sind wie Wissenschaft und Technik selbst Teil des Zivilisationsprozesses. Die Skepsis gegenüber dem, was Menschen in der Zukunft vernünftig werden leisten können, ist auch heute evident. Sie geht so weit, dass der »Mut, den Verstand zu gebrauchen«, um die Natur immer besser zu verstehen und immer leistungsfähigere Technik zu entwickeln, von vielen gefürchtet wird. Die schnellen Entwicklungen der letzten Jahrzehnte wie

wachsender Energieverbrauch, Computerisierung, Umweltverschmutzung, Technisierung der Landwirtschaft und globales Bevölkerungswachstum werden mit Sorge betrachtet. »Zurück zur Natur« und »Entschleunigung der Entwicklungsprozesse« werden als alternative Leitbilder für eine sichere Zukunft und eine »nachhaltige Entwicklung« diskutiert.

Zwischen der von Kant monierten Mutlosigkeit der teilweise noch entmündigten Menschen im Preußen des ausgehenden 18. Jahrhunderts und der Lage zu Beginn des 21. gibt es demnach Parallelen. Auch wir lassen uns manchmal bei Fragen, die unsere Lebens- und Zukunftsplanung betreffen, lieber durch restriktive Gesetze »schützen«, als Eigenverantwortung einzufordern. Sicher ist es nicht einfach zu durchschauen, wie Gentechnik, Stammzellenforschung oder Kernfusion funktionieren und welche Folgen sich daraus ergeben können. Dazu kommt, dass viele Menschen von vornherein skeptisch gegenüber neuen Technologien sind. Manche scheuen auch die Mühe, sich durch Beschäftigung mit der Sache tiefere Einblicke zu verschaffen.

So stellt sich die Frage, ob Kants Appell an den Mut der Gesellschaft im Nachhinein für die heutige Zeit nicht ebenso wichtig ist, wie er es in seiner stürmischen Epoche vor über 200 Jahren war. Zukunftsängste begegnen uns heute in vielen Bereichen unseres Alltags, auch da, wo technologische Neuerungen in der direkten Anwendung kaum eine Rolle spielen – beispielsweise in den Bereichen Wirtschaft und Finanzwelt, Bildung und Erziehung. Wenn wir es mit der Wissensgesellschaft ernst meinen und ihre Chancen nutzen wollen, müssen wir aber Entscheidungen über die Zukunft der Gesellschaft auf der Basis rationaler Abwägungen treffen und es wagen, eine selbstbewusste, aufgeklärte Haltung gegenüber den Möglichkeiten, die Wissenschaft und Technik bieten, einzunehmen. Wir meinen, es gibt allen Grund, optimistisch nach vorne zu blicken. Dass wir unser Gemeinwesen heute als Wissensgesellschaft betrachten können, ist Ausdruck einer großartigen Leistung unserer Spezies.

In der Tat wird sich unser Leben in den nächsten Jahrzehnten weiter stark verändern – wie in den vergangenen Jahrzehnten. Die neuen Möglichkeiten, ins Erbgut von Menschen, Tieren und Pflanzen einzugreifen und immer gezielter Einfluss auf die biologische Reproduktion zu nehmen, stellen eine qualitativ neue Stufe der Intervention in natürliche Vorgänge dar. Moralvorstellungen und Werte unserer Gesellschaft werden mit neuer Grundsätzlichkeit diskutiert. Dabei werden auch neue ethische Fragen aufgeworfen, etwa die nach der Bedeutung von »Natürlichkeit«. Die Präimplantationsdiagnostik zum Beispiel (die genetische Untersuchung eines künstlich gezeugten Embryos vor der Einpflanzung in den Mutterleib) ist insofern »unnatürlich«, als sie den von der Natur vorgezeichneten Ablauf menschlicher Fortpflanzung technisch zergliedert und kontrolliert. Allerdings beruhen menschliches Leben, Kultur und Zivilisation, von der Landwirtschaft bis zur Medizin, seit jeher auf Techniken, die den natürlichen Lauf der Dinge verändern. Grundsätzlich ist eine Handlung also nicht schon deshalb moralisch

geboten, weil sie natürlich ist, und nicht schon deshalb verwerflich, weil sie unnatürlich (technisch oder künstlich) ist. Geboten ist hingegen der Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen, weil sie der Menschheit, den Tieren und Pflanzen den Fortbestand überhaupt erst ermöglichen. Wenn es schließlich als Reaktion auf die »Technisierung der Welt« zu einer Rückbesinnung auf ein natürliches Leben kommt (natürliche Ernährung, natürliches Wohnen, natürliche Geburt usw.), dann sollte man sich darüber im Klaren sein: Es handelt sich dabei um kulturelle Optionen, die man wählen oder zurückweisen kann, nicht aber um moralische Gebote, die für alle verbindlich gemacht werden dürfen.

Auch ist die »Natürlichkeit« der menschlichen Fortpflanzung in vielerlei Hinsicht längst ersetzt worden durch Eigenverantwortlichkeit selbst in diesem Bereich. Geburtenkontrolle und Reproduktionsmedizin haben den »natürlichen« Zusammenhang von Sexualität und Fortpflanzung aufgehoben. Die Zeugung von Kindern kann nun auch im Labor und die Geburt durch Kaiserschnitt erfolgen, um Mutter und Kind vor dem Tod zu bewahren. Die meisten Menschen sehen hier kein ethisches Problem. Ob Frauen die Pille nehmen oder eine In-vitro-Fertilisation wählen, gilt als eine Frage persönlicher Lebensführung, nicht als Frage allgemein verbindlicher Moral.

Auch wenn in modernen Gesellschaften nicht jede beliebige Technisierung der menschlichen Fortpflanzung moralisch neutral ist, ist damit nicht gesagt, dass sich die Grenzen des Zulässigen unmittelbar aus der Natur ablesen ließen und damit unverrückbar wären. Mit der Veränderung bisher als naturgegeben vorgefundener Grenzen und der Erweiterung von Handlungsmöglichkeiten verbindet sich zwar die Befürchtung eines Verlustes von Wertorientierungen und Lebenssicherheiten bis hin zum Zusammenbrechen des Wertegefüges. Dagegen lässt sich oft (etwa am Beispiel der Transplantationsmedizin) beobachten, dass das, was zunächst als Grenzüberschreitung oder gar als Tabubruch gilt, dann akzeptiert wird, wenn sich zeigt, dass die befürchteten negativen Folgen und der so genannte »Pietätsverlust« und der »Dambruch« nicht eingetreten sind und die Entwicklungen beherrschbar bleiben.

Angesichts der Entwicklungen der Naturwissenschaften ist es also mehr als legitim und keineswegs verwunderlich, dass es heute breite und kontroverse Diskussionen über die möglichen Optionen gibt. Dürfen wir das Genom des Menschen verändern? Ist es vertretbar, an Embryonen zu forschen? Angesichts solcher Fragen ist dem polnischen Philosophen Leszek Kolakowski zuzustimmen, der schrieb, dass der Konflikt zwischen Alt und Neu ein Teil unserer Kultur sei, den es schon immer gab und den es vermutlich immer geben werde.

### **Desillusionierung und neue Visionen**

Eine neue Qualität dieses Konflikts zeigt sich womöglich darin, dass die traditionellen politischen Abgrenzungen zwischen Befürwortern und Gegnern des Fortschritts in den

vergangenen Jahrzehnten weitgehend verschwunden sind. Die Rolle des »Konservatismus« war es, das Alte zu bewahren oder zumindest viele Elemente des Alten in neue Zeiten hinüberzuretten. Auf der Gegenseite standen jene Kräfte, die den sozialen und technologischen Fortschritt begrüßten und bereitwillig alte Traditionen aufgaben. Trotz unterschiedlicher Ziele war beiden Fraktionen die Gewissheit gemein, dass die Menschheit sich in einem unaufhörlichen historischen Entwicklungsprozess befindet. Dieses Grundverständnis scheint Risse bekommen zu haben, und damit sind offenbar auch alte Grenzziehungen in politischen Parteien, Kirchen und anderen Institutionen zum Teil brüchig geworden.

Wie lässt sich dieser Prozess verstehen? Gerald Holton, Wissenschaftshistoriker und Physiker an der Harvard-Universität, stellte fest, es habe in den letzten Jahrzehnten »unter einflussreichen Intellektuellen außerhalb der Naturwissenschaften und allmählich in Teilen der Gesamtbevölkerung eine Verwerfung in dem seit der Aufklärung angenommenen Glauben stattgefunden, Wissenschaft und Technik seien in der Bilanz positive Kräfte«. In der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg gerieten die Naturwissenschaften in der Tat ins Zwielficht. Zwar gab es weiter enorme Fortschritte, die den rasch steigenden Lebensstandard möglich machten. Doch die Kriege hatten auch gezeigt, dass Menschen bereit und in der Lage sind, ihre intellektuellen Fähigkeiten in den Dienst mörderischer Regime zu stellen und Waffen zu entwickeln, die geeignet sind, die ganze Welt zu zerstören. Von dieser Erfahrung blieben die Naturwissenschaften nicht verschont. Die Physik hatte durch die Atombombenabwürfe auf Hiroshima und Nagasaki Ende des Zweiten Weltkrieges einen Teil ihres hohen Ansehens eingebüßt. Besonders in Deutschland hatten sich Wissenschaftler in den Dienst verbrecherischer politischer Systeme und Projekte gestellt.

Der französische Existentialismus, die zeitgenössische Dichtung und Malerei brachten eine tiefe Desillusionierung in Hinblick auf den Menschen und sein Vermögen, die Geschichte positiv zu gestalten, zum Ausdruck. Die Existenzialisten Jean-Paul Sartre (1905–1980) und Albert Camus (1913–1960) waren bedeutende Schriftsteller dieser Nachkriegsepoche. In seinem viel gelesenen Roman *Der Ekel* breitete Sartre die hoffnungslose Gedanken- und Gefühlswelt eines Menschen aus, der sich selbst und die ganze Welt zutiefst verabscheute. Camus griff mit *Der Mythos von Sisyphos* ein Bild aus der griechischen Mythologie auf, nach dem der Sohn des Königs von Korinth zur Strafe für seine Verschlagenheit einen großen Felsbrocken auf den Gipfel eines steilen Berges wälzen musste, von dem er aber immer wieder, fast am Ziel angelangt, hinunterrollte. Bei Camus stand dieses Bild für das vergebliche Mühen der Menschen, ihr Schicksal erfolgreich zu meistern. Die Grundaussage der Existenzialisten war, dass der Mensch in einer gottlosen Welt sein Dasein fristet und dass es jenseits der Religion keine kollektiven Interessen und Möglichkeiten gibt, dem individuellen Leben oder der Gemeinschaft einen Sinn zu geben. In der Malerei wurde in Europa und in den USA nach dem Zwei-

ten Weltkrieg der abstrakte Expressionismus populär. Jackson Pollock (1912–1956) war einer der bekanntesten Vertreter dieser Richtung. Typisch für ihn waren seine riesigen Leinwände, die er auf den Boden legte und mit Farbe bespritzte. Die Künstler des abstrakten Expressionismus verweigerten sich den Themen, die die Malerei noch vor dem Krieg aufgegriffen hatte. Ihre Ablehnung kam in einem zuvor ungekannten Abstraktionsgrad der Kunst zum Ausdruck, in der es keine Menschen, Gegenstände und bildhaften Themen mehr gab.

Im Zusammenhang mit Wissenschaft und Technologie wurden in dieser Epoche zunehmend auch Schlüsselinnovationen zum Gegenstand düsterer Prognosen. Den Anfang machte der Fernseher, der zur geistigen Degeneration führen sollte, es folgten Videorekorder und dann die Computer, denen man zuschrieb, sie würden Arbeitsplätze vernichten – in ähnlicher Weise wie im vorherigen Jahrhundert die aufkommende maschinelle Textilindustrie die Arbeitsplätze der Weber bedrohte. Gerhart Hauptmann (1862–1946) hat dieser Epoche mit seinem Drama *Die Weber* ein eindrucksvolles literarisches Denkmal gesetzt. Später entdeckte man nun auch in eher geringfügigen Innovationen wie Walkman, Handy und Gameboy ein erhebliches Bedrohungspotenzial hinsichtlich sozialer und gesundheitlicher Auswirkungen. Die Errungenschaften von Wissenschaft und Technik wurden zusehends als Problem betrachtet. Stanley Kubricks Film 2001: *Odyssee im Weltraum* von 1968 wurde nicht zuletzt deshalb so berühmt, weil er diesem Zeitgeist entsprach. Zu Beginn des Films schleudert ein Affenmensch einen Knochen, mit dem er zuvor die Schädel von Konkurrenten zertrümmerte, in die Höhe. Der Knochen verwandelt sich in ein Raumschiff. Das erste Werkzeug des Menschen war also eine Waffe und wird schließlich zum Symbol für die Technik, der sich die Menschen blind anvertrauen und die sich schließlich in Gestalt des Bordcomputers HAL verselbstständigt, der den Astronaut Dr. Frank Poole aus dem Raumschiff wirft.

In diesen Bildern mischt sich eine tiefe Desillusionierung in Hinblick auf die Fähigkeit der Menschen, eine bessere Welt zu gestalten, mit einer spezifischen Kritik an Technik und Wirtschaft. Ungezügelter kapitalistischer Gewinnstreben, das sämtliche gesellschaftliche Institutionen, darunter die Naturwissenschaften, seinem Verwertungsinteresse unterworfen habe, wurde als wesentliche Ursache für Kriege, Umweltverschmutzung und andere Missstände auf der Welt gesehen. Programmatische Schriften, welche die noch vorherrschenden positiven Grundhaltungen gegenüber den Wissenschaften ins Visier nahmen, eroberten die Bestsellerlisten und zusehends auch die Köpfe der politischen Entscheidungsträger und Bürger. 1968 erschien beispielsweise Paul Ehrlichs *The Population Bomb* (Die Bevölkerungsbombe). Ehrlich warnte vor dem anhaltenden Bevölkerungswachstum und schärfte ohne Zweifel das Bewusstsein der politischen Entscheidungsträger, sich dieser Herausforderung zu stellen. Er prognostizierte Millionen von Hungertoten für bevölkerungsreiche Länder wie Indien, da diese es nie schaffen würden, ihre wachsende Bevölkerung mit ausreichend Nahrung zu versor-