



WILEY-VCH

Gerd Ganteför

Heute Science Fiction, morgen Realität?

An den Grenzen des Wissens
und darüber hinaus

ERLEBNIS
wissenschaft



Gerd Ganteför

Heute Science Fiction, morgen Realität?

Beachten Sie bitte auch weitere interessante Titel zu diesem Thema

Schlichting, H.J., Ucke, C.
Physikalische Spielereien
Aktiv, kreativ, lehrreich

2016

Print ISBN: 978-3-527-33893-1

Ganteför, G.
Wir drehen am Klima - na und?

2015

Print ISBN: 978-3-527-33778-1

Zankl, H., Betz, K.
Trotzdem genial
Darwin, Nietzsche, Hawking und Co.

2014

Print ISBN: 978-3-527-33410-0

Full, R.
Vom Urknall zum Gummibärchen

2014

Print ISBN: 978-3-527-33601-2

Groß, M.
Invasion der Waschbären
und andere Expeditionen in die wilde Natur

2014

Print ISBN: 978-3-527-33668-5

Hermans, J.
Im Dunkeln hört man besser?
Alltag in 78 Fragen und Antworten

2014

Print ISBN: 978-3-527-33701-9

Oreskes, N., Conway, E.M.
Die Machiavellis der Wissenschaft
Das Netzwerk des Leugnens

2014

Print ISBN: 978-3-527-41211-2

Pohl, M.
Physik für alle

2014

Print ISBN: 978-3-527-41235-8

Hess, S.
Opa, was macht ein Physiker?
Physik für Jung und Alt

2014

Print ISBN: 978-3-527-41263-1

Synwoldt, C.
Umdenken
Cleverer Lösungen für die Energiezukunft

2013

Print ISBN: 978-3-527-33392-9

Hüfner, J., Löhken, R.
Physik ohne Ende
Eine geführte Tour von Kopernikus bis Hawking

2012

Print ISBN: 978-3-527-41017-0

Gerd Ganteför

Heute Science Fiction, morgen Realität?

An den Grenzen des Wissens und darüber hinaus

WILEY-VCH
Verlag GmbH & Co. KGaA

Autor

Gerd Ganteför

Universität Konstanz
FB Physik
Universitätsstraße 10
78457 Konstanz
Deutschland

Titelbild

Fotolia.com © rolffimages

Alle Bücher von Wiley-VCH werden sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag in keinem Fall, einschließlich des vorliegenden Werkes, für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler irgendeine Haftung.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

© 2016 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Boschstr. 12, 69469 Weinheim, Germany

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Photokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche markiert sind.

Print ISBN 978-3-527-33881-8

ePDF ISBN 978-3-527-69319-1

ePub ISBN 978-3-527-69320-7

Mobi ISBN 978-3-527-69321-4

Umschlaggestaltung Bluesea Design

Satz le-tex publishing services GmbH,
Leipzig, Deutschland

Gedruckt auf säurefreiem Papier

Über den Autor

Gerd Ganteför ist Physikprofessor an der Universität Konstanz. Er forscht im Bereich Clusterphysik und Nanotechnologie. Weiterhin ist er Research Professor im Department of Chemistry an der Johns Hopkins University in Baltimore, USA. In Konstanz hat er erfolgreiche Vorlesungen über Nanotechnologie sowie über Energie und Klima aufgebaut. Er ist Autor zahlreicher Fachartikel und hält öffentliche Vorträge zu vielfältigen Themen, insbesondere zur Energie- und Klimaproblematik und zu Chancen und Gefahren der Nanotechnologie. In der Reihe Erlebnis Wissenschaft erschienen bisher »Klima – der Weltuntergang findet nicht statt« (2010), »Alles Nano oder was? Nanotechnologie für Neugierige (2013)« und »Wir drehen am Klima. Na und?« (2015).



© Stephan Wagner, mit freundlicher Unterstützung des Deutschen Museums in München.

Inhaltsverzeichnis

Über den Autor V

Vorwort IX

- 1 **Einleitung** 1
 - Ein grundlegendes Rätsel: Die Naturkonstanten 2
 - Das Zeitalter des Pessimismus 4
 - Ist eine Zukunft ohne Entwicklung möglich? 5
 - Der Optimismus der Nachbarn 6
 - Der erste Schritt: Die Grenzen des Wissens erkennen 6
- 2 **Das Wunder des Universums** 9
 - Wie weit ist es bis zum Ende der Welt? 9
 - Gibt es eine zweite Erde? 13
 - Gibt es außerirdisches Leben? 21
 - Gibt es außerirdisches intelligentes Leben? 28
- 3 **Reisen zu den Sternen** 31
 - Sind Reisen mit Überlichtgeschwindigkeit möglich? 31
 - Wird man durch die Zeit reisen können? 34
 - Beamern: Transportmittel der Zukunft? 36
 - Werden wir jemals zu den Sternen reisen? 38
- 4 **Energiequellen der Zukunft** 45
 - Lassen sich Schwarze Löcher zähmen? 45
 - Wird es neue, unerschöpfliche Energiequellen geben? 50
- 5 **Visionen der Biologie** 59
 - Können Dinosaurier wieder zum Leben erweckt werden? 59
 - Wie ist das Leben auf der Erde entstanden? 69
 - Kann der Mensch künstliches Leben erschaffen? 78

6	Visionen der Medizin	87
	Werden alle Krankheiten besiegt werden?	87
	Bleibt das ewige Leben ein ewiger Traum?	102
	Wird es Supermensen geben?	112
7	Geist und Bewusstsein	121
	Kann Wissen direkt in das Gehirn übertragen werden?	121
	Wird man Gedanken lesen können?	132
	Wird es intelligente Computer geben?	137
	Kann ein Ichbewusstsein in einen Computer kopiert werden?	145
8	Die Grenzen des Wissens: Die Elementarteilchen	151
	Was sind Quarks?	151
	Gibt es eine Weltformel?	159
	Was sind Raum und Zeit?	164
	Was ist eigentlich ein Teilchen?	169
	Das Higgs-Feld: Eine neue Äthertheorie?	175
9	Die Grenzen des Wissens: Die Naturgesetze	179
	Warum sind die Naturgesetze so wie sie sind?	179
	Warum gibt es vier Naturkräfte?	183
	Was bestimmt die Werte der Naturkonstanten?	186
	Warum ist im Universum Leben möglich?	189
10	Die Grenzen des Wissens: Das Universum	191
	Ist das Universum wirklich in einem Urknall entstanden?	191
	Wo ist die Antimaterie geblieben?	195
	Was ist die dunkle Materie?	197
	Was ist die Quelle der Dunklen Energie?	200
	Expandiert das Universum mit Überlichtgeschwindigkeit?	204
	Was war vor dem Urknall?	206
11	Eine Vision der Zukunft	209
	Aufbruch ins Universum	210
	Neue Energiequellen	211
	Visionen der Biologie	212
	Visionen der Medizin	213
	Bewusstsein und künstliche Intelligenz	214
	Vorstoß ins Unbekannte	215
	Sachverzeichnis	219

Vorwort

Mein Buch ist ein Plädoyer für die Naturwissenschaft. Es richtet sich gegen die zunehmende Technologieskepsis und gegen die um sich greifende Zukunftsangst. Die Naturwissenschaft arbeitet an einer fantastischen Zukunft für uns alle. Krankheiten werden Schritt für Schritt besiegt. Die Menschen werden länger leben und auch im hohen Alter gesund und fit bleiben. Wenn es der Physik gelingt, noch stärkere Energiequellen zu erschließen, werden die Menschen eines Tages sogar die Sterne erreichen. Die Frage ist nicht, ob es bewohnbare Planeten gibt, sondern nur, wie weit sie entfernt sind.

Manchmal scheint es, als habe die Wissenschaft schon alles Grundlegende erforscht, was es zu erforschen gibt und in der Zukunft würden nur noch die Details ausgearbeitet. Das ist falsch. Viele Indizien weisen darauf hin, dass uns ganze Bereiche der Natur bislang verschlossen sind. Dunkle Materie und Dunkle Energie sind zwei Beispiele solcher bis heute unerklärlicher Phänomene. Sie markieren die Grenze unseres heutigen Wissens. Dahinter liegt das Unbekannte.

Konstanz, März 2016

Gerd Ganteför

1

Einleitung

Gibt es eigentlich noch etwas zu entdecken oder wissen wir schon alles? Werden wir immer einen Großteil unseres Lebens arbeiten müssen, um unseren Lebensunterhalt zu verdienen? Wird es immer Krankheiten geben? Sind wir auf ewig dazu verurteilt, alt und schwach zu werden und schließlich zu sterben? Werden wir jemals die Sterne erreichen? Die Zivilisation hat seit der Entwicklung der Dampfmaschine vor 200 Jahren eine stürmische Entwicklung durchlaufen. Davor gab es in Europa regelmäßig Hungersnöte, kaum jemand hatte fließendes Wasser oder eine Kanalisation. In kalten Wintern erfroren Menschen. Elektrizität gab es nicht, die Reichen reisten mit Pferdekutschen, aber die meisten gingen zu Fuß. Im Vergleich zu der Zeit vor der industriellen Revolution leben wir heute in unvorstellbarem Wohlstand. Diese rasante Entwicklung wurde getragen durch Tatendrang, Mut, Neugierde und Optimismus. Die Öffentlichkeit verfolgte die Wettrennen der Entdecker zu den unerforschten Polarregionen, sie bewunderten die Riesenknochen der Dinosaurier und debattierten eifrig, wie alt die Erde denn sein könnte. Das Jahrhundertgenie Albert Einstein erreichte mit seiner Relativitätstheorie eine Popularität, um die ihn so mancher Popstar beneidet hätte. Geht diese Pionierzeit der spektakulären Entdeckungen und des rasanten Fortschritts nun zu Ende? Heute scheint es, als sei alles Wichtige bereits entdeckt und es ginge in der Forschung nur noch um Details.

Im Gegensatz zur Grundlagenforschung beschäftigt sich die angewandte Forschung hauptsächlich mit Details. Beispiele sind die Entwicklung leistungstärkerer Batterien oder sparsamerer Automotoren. Mit dieser Denkweise hätte niemand versucht, etwas so radikal Neues wie Flugzeuge zu entwickeln. Man würde noch immer in Pferdekutschen reisen, die allerdings sehr viel bequemer, leiser und preiswerter wären. Nur die Grundlagenforschung kann etwas wirklich Neues entdecken, das die Zukunft verändert. Grundlagenforschung macht aller-

dings nur dann einen Sinn, wenn es noch Grundlegendes zu entdecken gibt. Ein Beispiel ist die Geografie. Heute gibt es auf der Weltkarte keine weißen Flecken mehr. Entlegene Regionen können zwar noch besser kartografiert werden, aber einen neuen Kontinent wird man nicht mehr entdecken. Für die gesamte Naturwissenschaft gibt es diese Begrenzung aber nicht, denn die Natur und das Universum sind grenzenlos. Jeden Moment kann eine Entdeckung die Tür zu neuen, noch unerforschten Regionen der Realität aufstoßen. Wo die Grenzen des bekannten Wissens liegen und wo sich neue, unbekannte Regionen verbergen könnten, darum geht es im vorliegenden Buch.

Ein grundlegendes Rätsel: Die Naturkonstanten

Früher glaubten die Menschen, dass die Welt von Göttern erschaffen und gelenkt wurde. Naturgesetze waren göttliche Gesetze. Dagegen sieht die Physik das Universum als ein Uhrwerk an, das, einmal in Gang gesetzt, den Gesetzen folgend abläuft. Eines dieser Naturgesetze ist das Newtonsche Gravitationsgesetz. Die Überlieferung berichtet von einem Apfel, den Newton vom Baum fallen sah. Die Kraft, die den Apfel fallen lässt, ist die Schwerkraft der Erde. Newton kam auf die Idee, dass die gleiche Kraft den Mond auf seine Kreisbahn um die Erde zwingt und leitete aus dieser Überlegung ein Gesetz ab. Nach Newton ziehen sich alle Massen gegenseitig an. Bei großen Massen wie der Erde ist die Anziehung stark und mit wachsendem Abstand nimmt die Kraft ab. Das Gesetz gilt immer und überall. Es gibt eine große Anzahl solcher Naturgesetze, die jedes Detail im Universum regeln. Dazu gehören die Eigenschaften der Elementarteilchen, die vier Naturkräfte und die Naturkonstanten. Es ist eine lange Liste von Zahlen und Formeln und sie charakterisiert unser Universum.

Wissenschaftler haben sich überlegt, wie das Universum aussähe, wenn eine dieser Zahlen einen etwas anderen Wert hätte. Sie sind dabei zu einem erstaunlichen Ergebnis gekommen. Wären die Naturgesetze nur ein klein wenig anders, gäbe es kein Leben. Die Sonne würde nicht lange genug brennen, um der Evolution Zeit für die Entwicklung der Arten zu geben. Die vielfältigen Moleküle des Lebens würde es nicht geben, denn ihre Existenz hängt von den besonderen Eigenschaften des Kohlenstoffatoms ab, die wiederum von den genauen Werten der Naturkonstanten abhängen. Das gilt für praktisch jede Naturkonstan-



Abb. 1.1 Ein früher Wissenschaftler versucht, die grundlegenden Gesetze und Mechanismen zu entdecken, die für die Naturgesetze verantwortlich sind (Quelle: Camille Flammarion, *L'Atmosphère: Météorologie Populaire* (Paris, 1888), pp. 163).

te, jedes Kraftgesetz und für die Eigenschaften der Teilchen, aus denen die Materie aufgebaut ist. Wären diese Zahlen und Gesetze nur ein klein wenig anders, gäbe es kein Leben und vielleicht auch keine Erde.

Es wäre nur allzu menschlich, aus dieser Beobachtung die Existenz eines höheren Wesens abzuleiten. Aber mit menschlichen Kategorien, wie es die Annahme der Existenz eines universellen intelligenten Bewusstseins wäre, lässt sich unser Universum nicht erfassen. Die Naturwissenschaft geht einen anderen Weg, um eine Antwort auf die Frage zu finden, warum die Naturkonstanten die Werte haben, die sie haben. Es gibt zwei denkbare Antworten. Die eine Möglichkeit ist, dass es Gründe gibt, warum die Konstanten diese Werte haben, aber wir haben die Gründe noch nicht entdeckt (Abb. 1.1). Die andere mögliche Antwort ist, dass die Werte dieser Zahlen tatsächlich Zufall sind. Dahinter steckt die Idee, dass es viele Universen geben könnte. In beiden Fällen hat die Forschung bisher nur einen kleinen Teil der Realität entdeckt

und es gibt noch viel zu tun. Wie die Frage nach dem erstaunlichen Design des Universums letztlich beantwortet wird, bleibt abzuwarten. Vorerst gilt es, unsere Welt weiter zu erforschen und die Grenzen der bekannten Zone weiter auszudehnen. Vielleicht ergibt sich dann ganz von selbst eine einleuchtende Erklärung für das erstaunliche Zusammenwirken der Naturgesetze.

Das Zeitalter des Pessimismus

Heute stehen viele Bürger in Deutschland der naturwissenschaftlichen Forschung skeptisch gegenüber. Pessimismus hat den Optimismus der Pionierzeit verdrängt. Bei jeder Entdeckung fragt die Öffentlichkeit, ob dies nicht gefährlich sei und man es besser nicht weiter erforschen sollte. Manche meinen sogar, ein dunkles Zeitalter stehe bevor, weil die gleiche Technologie, die so viel Fortschritt gebracht hat, nun unsere Lebensgrundlagen zerstöre. Sie lehnen ein weiteres Wachstum ab und fordern den Übergang in eine »nachhaltige« Lebensweise.

»Nachhaltig« bedeutet, dass nur der Anteil an Ressourcen verbraucht wird, den die Natur ständig erneuern kann. Der Mensch war über viele Jahrtausende zu einer solchen Lebensweise gezwungen. Die Jäger und Sammler der Steinzeit und auch die frühen Bauern konnten nicht anders als »nachhaltig« leben. Nachhaltigkeit bedeutete damals Mangel und Armut. Das änderte sich erst mit der Dampfmaschine. Damit konnte die Energie in der Kohle in Arbeit umgewandelt werden. Der Zugang zu neuen Energiequellen und der damit einhergehende technische Fortschritt brachte erstmalig für eine immer größere Zahl von Bürgern Wohlstand und sogar Überfluss. Wissenschaft, Technik, Kunst und Kultur machten riesige Fortschritte. Allerdings lebte der Mensch nun nicht mehr nachhaltig. Er verbraucht viel mehr, als die Natur erneuern kann.

Die vier großen Probleme der Erde sind heute die Armut, das Bevölkerungswachstum, der Ressourcenverbrauch und die Klimaveränderung. Nur mit massiven Innovationen in Wissenschaft und Technologie besteht eine Chance, diesen enormen Problemen entgegenzutreten zu können. Dabei ist der entscheidende Punkt die Energie. Eine Hochtechnologiezivilisation, die allen Menschen einen hohen Lebensstandard bieten kann, kann nur auf der Basis neuer und starker Energiequellen existieren. Sie ist darauf angewiesen, dass die Natur-

wissenschaft neue Energiequellen entdeckt. Aber es geht nicht nur um Energiequellen. Um langfristig einen hohen Lebensstandard sichern zu können, sind vielfältige weitere Innovationen auf der Basis naturwissenschaftlicher Forschung notwendig. Die Chancen für neue Entdeckungen stehen gut. Welche Entdeckungen das sein könnten, wird im vorliegenden Buch diskutiert.

Ist eine Zukunft ohne Entwicklung möglich?

Wie kam es zur Entwicklung der Intelligenz? Intelligenz hat einen entscheidenden Vorteil. Sie ermöglicht es dem Einzelwesen, schnell auf sich verändernde Umweltbedingungen zu reagieren. Ein instinktgesteuertes Tier bleibt in seinem programmierten Verhalten gefangen, auch wenn das Verhalten unter veränderten Bedingungen sinnlos geworden ist. Ursprünglich hat sich die Intelligenz des Menschen in Afrika entwickelt, als dort die Umwelt in kurzen Intervallen immer wieder drastische Veränderungen durchlief. Urwald wurde von Wüsten verdrängt, die sich später in Feuchtsavannen verwandelten. Die chaotischen Klimazyklen wiederholten sich mehrmals. Die frühen Menschen waren Nomaden. Sie reagierten auf Dürren und Nahrungsmangel, indem sie in andere Regionen wanderten. Dort fanden sie neue Umweltbedingungen vor. Je nach Umgebung wechselten die essbaren Pflanzen, die jagdbaren Tiere und es gab immer wieder neue, unbekannte Gefahren. Ein flexibles Gehirn, das mit jeder neuen Umgebung zurechtkam, bedeutete einen unschätzbaren Überlebensvorteil. Die Entwicklung der Intelligenz war die Folge ständiger Veränderungen. Sie ist die große Erfolgsgeschichte der Evolution und nur Zivilisationen mit einer permanenten Weiterentwicklung werden auf Dauer bestehen. Die Weiterentwicklung ist das Grundprinzip der Evolution und es setzt sich in der menschlichen Zivilisation fort. Ohne große Visionen, ohne Herausforderungen und ohne Weiterentwicklung kann eine Nation auf die Dauer nicht bestehen. Die Naturwissenschaft hat starke Visionen. Einige der Visionen im vorliegenden Buch hören sich vielleicht wie Science Fiction an. Sie könnten aber schon morgen Realität sein [2].

Der Optimismus der Nachbarn

Der amerikanische Physiker Michio Kaku geht davon aus, dass die Menschen nicht die einzige intelligente Spezies im Kosmos sind. Er unterscheidet drei Entwicklungsphasen einer Zivilisation. Wir – die Menschen auf der Erde – sind bestenfalls eine Zivilisation der Stufe »0,5«. Unser Alltag wird noch immer vom Kampf um die Güter des täglichen Bedarfs dominiert. Man arbeitet viele Stunden am Tag für die Sicherung der Lebensgrundlagen. Damit unterscheiden wir uns noch nicht allzu stark von Tieren, die den größten Teil ihrer Wachzeit mit der Suche nach Nahrung beschäftigt sind. Eine Zivilisation der Stufe »I« hat sich von dieser Bürde befreit. Sie nutzt alle Energie der Sonne, die auf ihren Planeten fällt. Diese Energiemenge reicht aus, um alle Probleme zu lösen und allen Bürgern einen hohen Wohlstand zu ermöglichen. Eine solche Zivilisation kann Bedrohungen durch Meteoriteneinschläge oder Klimaveränderungen mit technischen Maßnahmen abwehren. Eine Zivilisation der Stufe »II« nutzt alle Energie, die die Sonne ihres Systems insgesamt erzeugt. Sie kann andere Planeten in ihrem Sonnensystem urbar machen und beispielsweise den Abstand der Planeten zur Sonne verändern, sollte es zu heiß oder zu kalt werden. Eine Zivilisation der Stufe »III« nutzt alle Energie ihrer eigenen Galaxis und kann damit Dinge tun, die für uns nicht vorstellbar sind [1].

In den Visionen von Michio Kaku wird eine intelligente Spezies über kurz oder lang die Sterne erobern. Aus dem Blickwinkel des von Pesimismus dominierten europäischen Zeitgeistes ist das unrealistische Science Fiction. Aber Wissenschaft und Technik entwickeln sich nach wie vor mit einer extremen Geschwindigkeit. Visionen wie Langlebigkeit und Reisen zu anderen Planeten und vielleicht sogar zu den Sternen könnten tatsächlich einmal Realität werden. Hätte ein Wissenschaftler im Zeitalter der Pferdekutschen prophezeit, dass Reisen in die USA nur noch acht Stunden dauern werden, wäre er verlacht worden. Das vorliegende Buch wagt solche Vorhersagen aus heutiger Sicht.

Der erste Schritt: Die Grenzen des Wissens erkennen

Unsere Vorstellung von der Welt ist noch sehr unvollkommen. Manche Physiker meinen, das Gehirn könne die volle Komplexität der Realität grundsätzlich gar nicht erfassen. Unsere Intelligenz ba-

siert auf dem zeitlichen Ablauf chemischer und elektrischer Vorgänge, die innerhalb des dreidimensionalen Raums und der Zeit gefangen sind. Daneben wäre es auch möglich, dass unsere Wahrnehmung rein technisch beschränkt ist. Das lässt sich mit einem einfachen Beispiel veranschaulichen. Eine Zivilisation auf einem Planeten, dessen Sonnensystem sich in einer interstellaren Staubwolke befindet, wüsste nicht, dass es andere Sonnen und Galaxien gibt. Die Wissenschaftler wären gezwungen, eine Theorie eines staubgefüllten Universums zu entwickeln. Die Theorie hätte notgedrungen an vielen Stellen Schwächen und Unstimmigkeiten. Da wäre zum Beispiel die Frage, woher der Staub kommt. Ein Modell müsste auf unerklärlichen Postulaten aufbauen. Die Bewohner dieses Planeten könnten ihr Problem nie erkennen, außer sie versuchten, ihr Sonnensystem zu verlassen. Auch die großen Theoriegebäude der heutigen Physik haben Schwächen und beruhen auf unerklärlichen Postulaten. Offensichtlich ist unsere Wahrnehmung auch begrenzt. Die Begrenzung könnte ähnlich wie im Fall der Staubwolke rein technisch bedingt sein. Ein Beispiel sind höhere Raumdimensionen, deren Existenz einige Modelle der theoretischen Physik postulieren. Die Wissenschaft verfügt aber über keine Methode, um deren Existenz nachweisen oder widerlegen zu können. Die Begrenzung könnte aber auch die Intelligenz selbst sein, die eine höhere Realität nicht erfassen kann.

Im vorliegenden Buch geht es zunächst darum, unsere Grenzen des Wissens zu erkennen. Im zweiten Schritt geht es darum, einen Blick über diese Grenzen hinaus zu wagen. Die folgenden sechs Kapitel beschäftigen sich mit den Grenzen und Visionen der Astrophysik (2 und 3), der Energie 4, der Biologie 5, der Medizin 6 und der Gehirnforschung 7. In jedem Kapitel wird die Realisierbarkeit konkreter Zukunftsvisionen diskutiert. Es sind Visionen, die auch aus einem Science-Fiction-Roman stammen könnten, aber in einigen Fällen ist die Wissenschaft gar nicht weit davon entfernt, sie Realität werden zu lassen. Die letzten drei Kapitel (8–10) diskutieren die Grenzen des Wissens über die Materie, aus der wir bestehen, über die Naturgesetze, denen wir unterworfen sind, und über das Universum, in dem wir leben. Es ist wenig, was wir bisher wissen und es kommt noch vieles auf uns zu.

Literatur

- 1 Kaku, M. (2012) *Die Physik der Zukunft*, Rowohlt.
- 2 Vaas, R. »Der Intelligenzsprung«, *Bild der Wissenschaft*, 1.9.2002, http://www.wissenschaft.de/archiv/-/journal_content/56/12054/1523087/Der-Intelligenzsprung/, (aufgerufen 24.2.2016).

Quellen

Abb. 1.1: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flammarion_Woodcut_1888_Color_2.jpg, (aufgerufen 24.2.2016).

2

Das Wunder des Universums

Wie weit ist es bis zum Ende der Welt?

Wenn abends der Vollmond aufgeht und in seltsam rötlicher Farbe über dem Horizont steht, wirkt dieser Begleiter der Erde zum Greifen nahe. Man könnte meinen, es sei nur ein Katzensprung bis zum Mond. Tatsächlich sind es rund 300 000 Kilometer. Mit einiger Mühe kann man sich diese Entfernung veranschaulichen: Ein altes Auto hat in seinem Leben ungefähr diese Distanz zurückgelegt. Eine andere Möglichkeit ist der Vergleich mit einer Reise um die Welt. Am Äquator hat die Erde einen Umfang von 42 000 Kilometern. Die Strecke bis zum Mond ist also etwas länger als eine Reise siebenmal um die Erde. Das ist nicht gerade besonders anschaulich, vermittelt aber eine Idee, wie weit es bis zum Mond ist. »Kilometer« ist allerdings nicht die richtige Längeneinheit für das Weltall. Hier rechnet man in Lichtjahren. Das ist die Strecke, die das Licht in einem Jahr zurücklegt. Bis zum Mond braucht es nur eine Sekunde. Hin und zurück sind das also zwei Sekunden und dass lässt sich mit Lasern, die bis zum Mond reichen, leicht überprüfen. Bis zur Sonne reichen die Laser allerdings nicht, das ist zu weit. Die Sonne ist von uns 220 Millionen Kilometer entfernt. Das sind eine Menge Äquatorumrundungen. Das Licht braucht von der Sonne bis zur Erde acht Minuten. Würde also jemand die Sonne jetzt ausschalten, merkten wir es erst nach acht Minuten. Die nächsten Sterne sind noch viel weiter weg. Für die Reise zu unserem nächsten Nachbarn, dem Centauri-System mit seinen drei Sonnen, benötigt das Licht vier Jahre (Abb. 2.1).

Unsere Sonne ist Teil einer Galaxie, unserer Galaxie, der Milchstraße. Eine Galaxie ist eine Wolke von 100 Milliarden Sonnen, die mitten im Nichts schwebt. Die Sterne rotieren gemeinsam in einer großen

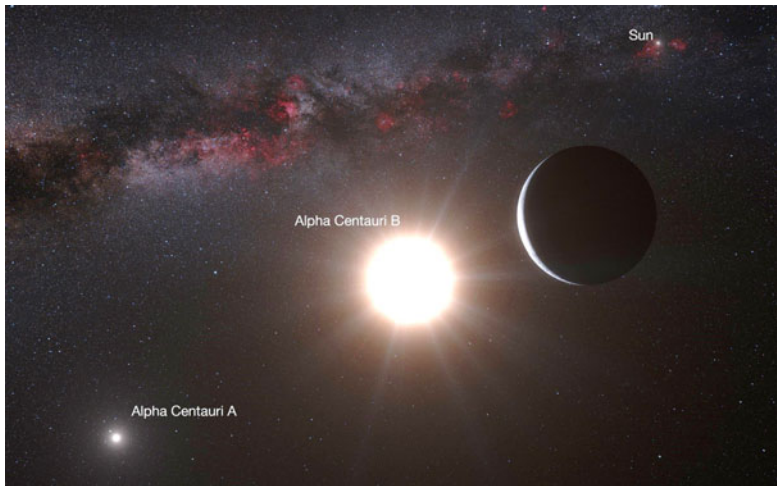


Abb. 2.1 Vision eines Künstlers, wie der Ausblick aus dem Fenster eines Raumschiffs aussehen könnte, das sich im Centauri-System befindet. Es ist das uns am nächsten gelegene Sonnensystem. Im Vordergrund ist eine der drei Sonnen des Systems zu sehen, die, wie man heute weiß, mindestens

einen Planeten hat. Die dritte Sonne des Systems, der rote Zwerg Proxima Centauri, ist nicht sichtbar. Im Hintergrund ist unsere Sonne als ein heller Stern von vielen zu sehen (Sun) (Quelle: European Southern Observatory (ESO)).

Scheibe um das Zentrum. Die Galaxie hat einen Durchmesser von mehr als 100 000 Lichtjahren. Das Licht braucht also ein Erdzeitalter, um mit seiner unvorstellbar hohen Geschwindigkeit, der höchsten, die es in unserem Universum geben kann, diese Sternenwolke zu durchqueren.

Neben der Milchstraße gibt es noch andere Galaxien. Unsere Nachbargalaxie Andromeda ist 2,5 Millionen Lichtjahre entfernt. Obwohl diese Entfernung im Vergleich zur Entfernung Erde–Mond wahrhaft gigantisch wirkt, ist sie im kosmischen Maßstab nur ein Katzensprung. Andromeda kann man mit bloßem Auge erkennen (Abb. 2.2). Der verschwommene Nebel am Nachthimmel ist das am weitesten entfernte Objekt, das ein Mensch ohne Fernrohr erkennen kann. Aber auch hinter Andromeda ist das Universum noch lange nicht zu Ende. Im uns zugänglichen Bereich des Weltalls gibt es geschätzte 100 Milliarden Galaxien. Von den am weitesten entfernten Galaxien benötigt das Licht mehr als 12 Milliarden Jahre bis zur Erde. Das heißt, das Licht begann seine Reise lange bevor die Erde entstanden ist.



Abb. 2.2 Unsere Nachbargalaxie Andromeda ist auch mit bloßem Auge als verschwommener Nebel im Sternbild Andromeda erkennbar. Das Licht ist 2,5 Millionen

Jahre unterwegs, um von dort bis zur Erde zu gelangen (Quelle: Adam Evans – M31, die Andromeda-Galaxie (mit h-alpha)).

Die Länge eines Lichtjahrs geht weit über das Vorstellungsvermögen eines Menschen hinaus. Milliarden Lichtjahre sind eine unvorstellbar gewaltige Steigerung einer unvorstellbar gewaltigen Distanz. Das Licht von diesen Galaxien ist sehr schwach und nur mit den empfindlichsten Teleskopen nachweisbar. Es ist fast genauso lange unterwegs, wie das Universum alt ist. Nach der Urknalltheorie, der Schöpfungsgeschichte der Physik, ist das Universum vor 13,7 Milliarden Jahren in einer gewaltigen Explosion, dem Urknall, entstanden. Das bedeutet aber auch, dass es nicht möglich ist, heute Objekte zu sehen, die weiter entfernt sind als diese 13,7 Milliarden Lichtjahre. Das Licht hatte nicht genug Zeit, um von noch weiter entfernten Objekten bis zu uns zu gelangen. Das »sichtbare« Universum ist eine Kugel mit einem Durchmesser von 27,4 Milliarden Lichtjahren. Weiter kann man nicht schauen [2].

Nach Einsteins Relativitätstheorie kann es nichts geben, was schneller als das Licht ist. Nähert sich ein Objekt der Lichtgeschwindigkeit an, läuft die Zeit immer langsamer, bis sie schließlich stehen bleibt. Bei noch höheren Geschwindigkeiten würde sie theoretisch sogar rückwärts laufen. Das würde aber die Kausalität verletzen. Es wäre dann möglich, dass die Reihenfolge von Ursache und Wirkung vertauscht

wird. Das führt zu Zeitschleifen und den damit verbundenen Paradoxia. Die Lichtmauer gilt für jede Art von Materie oder Information. Das Alter des Universums und die Lichtgeschwindigkeit ergeben eine uns umgebende Kugel mit einem Durchmesser von 27,4 Milliarden Lichtjahren. Das ist also die absolute Begrenzung des uns zugänglichen Universums.

Die Wand des uns zugänglichen Raumsegments rückt mit jeder Sekunde weiter von uns weg. Je mehr Zeit vergeht, umso weiter entfernte Objekte werden sichtbar. Um dorthin zu gelangen, bräuchte man zwar ein Raumschiff, das fast mit Lichtgeschwindigkeit fliegt, aber prinzipiell ist es möglich, bis zu diesem »Ende der Welt« zu gelangen. Für die Passagiere in dem Raumschiff würde es nicht Milliarden Jahre dauern, denn in einer so schnellen Rakete vergeht die Zeit sehr viel langsamer. Die Passagiere könnten innerhalb weniger Jahre bis zum »Ende der Welt« gelangen. Allerdings vergehen für die auf der Erde zurückgebliebenen Menschen Milliarden Jahre. Reisende ans Ende der Welt müssen sich also von allen Freunden und Bekannten endgültig verabschieden. Aber ansonsten steht prinzipiell kein Naturgesetz einer Reise zum Rand des bekannten Universums im Wege.

Die am weitesten entfernten Galaxien sind junge Galaxien, die relativ kurze Zeit nach dem Urknall entstanden sind. Der Blick in diese große Entfernung ist also gleichzeitig auch ein Blick in die Vergangenheit (Abb. 2.3). Eigentlich müsste es sogar möglich sein, den Urknall selber zu sehen, wenn man »hinter« die letzten Galaxien blickt. Und das ist tatsächlich der Fall. Das Nachglühen des Urknalls ist hinter den am weitesten entfernten Galaxien zu sehen. Egal, in welche Richtung die großen Teleskope schauen, aus allen Richtungen zeigt sich das gleiche Bild: Aus dem fernen Raum kommt eine Strahlung, die eine verblüffende Ähnlichkeit mit der Wärmestrahlung eines langsam abkühlenden Ofens hat. Es ist die kosmische Hintergrundstrahlung. Diese Strahlung ist die letzte Grenze des sichtbaren Raums, denn sie stammt aus der Zeit, als das Universum durchsichtig wurde. Davor war das Universum ein heißes Plasma, das für Licht undurchlässig war. Es dauerte 380 000 Jahre, bis sich die Sicht klärte. Aus dieser Zeit stammt diese Strahlung. Die Strahlung ist schwach und sie hat eine niedrige Temperatur, weil so eine unvorstellbar lange Zeit vergangen ist. Im eigentlichen Sinn stammt diese Strahlung vom Ende der Welt. Insofern ist das Ende der Welt »sichtbar«. Gleichzeitig ist es der Anfang der