

GERD GANTEFÖR

Das
rätselhafte
Gewebe
unserer
Wirklichkeit
und die
Grenzen der
Physik

WESTEND

Gerd Ganteför

**Das rätselhafte Gewebe
unserer Wirklichkeit und
die Grenzen der Physik**

W E S T E N D

Mehr über unsere Autoren und Bücher:

www.westendverlag.de

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

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig.

Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.



ISBN: 978-3-86489-383-4

1. Auflage 2023

© Westend Verlag GmbH, Frankfurt/Main 2023

Umschlaggestaltung: Buchgut, Berlin

Gestaltung und Satz: quintessense, Berlin

Druck und Bindung: CPI – Clausen & Bosse, Leck

Printed in Germany

Inhalt

Vorwort		11
Kapitel 1	Die Zivilisation in der Dunkelwolke	13
Kapitel 2	Das Weltbild der Physik: Was ist ein Universum und wie ist unseres entstanden?	23
	Die Raumzeit	24
	Die Elementarteilchen	46
	Die Naturkräfte	60
	Die Naturgesetze	75
	Die Naturkonstanten	92
	Wie ist das Universum entstanden?	99
Kapitel 3	Offene Fragen der Physik	109
	Gravitationswellen	109
	Gammablitz	111
	Das Higgs-Teilchen	112
	Die 18 freien Parameter des Standardmodells	114
	Schwarze Minilöcher	115
	Hawking-Strahlung	117
	Antimaterie	120
	Dunkle Materie	121
	Dunkle Energie	125
	Die Inflation, das Horizontproblem und die Flachheit	128
	Eine Quantentheorie der Gravitation	133

Kapitel 4	Vorstoß ins Unbekannte	135
	Das maßgeschneiderte Universum	137
	Vier Antworten auf die „Warum-Frage“	152
	Was war vor dem Urknall?	161
Kapitel 5	Unerklärliches, Unfassbares und Unheimliches	165
	Quantenphysik	166
	Information	179
	Schlusswort: Was bedeutet das alles?	191
	Abbildungsverzeichnis	197

Vorwort

Dieses Buch ist die Essenz der letzten zehn Jahre an Vorlesungen, die ich im Masterprogramm Physik an der Universität Konstanz gehalten habe. Unser kleiner Fachbereich hat sich in der Forschung zwar auf Nanowissenschaften spezialisiert, aber in der Lehre ist es notwendig, alle Teilgebiete der Physik abzudecken. So kam es, dass ich als Fachmann im Bereich der Nanopartikel unverhofft Veranstaltungen mit Themen außerhalb meines eigentlichen Gebietes halten durfte. Dazu gehörten die Vorlesungen „Astrophysik“ und „Grenzen des Wissens“, in der ich die Studierenden an den Rand unseres Verständnisses der Physik und der Biologie führte. Meine ursprüngliche Ausbildung ist die eines Kernphysikers, weshalb ich auch häufiger „Kern – und Teilchenphysik“ lehrte. Zu meinen Kernkompetenzen gehören außerdem die „Nano-Vorlesung“ und der „Grundkurs zur Quantenmechanik“. Bei all diesen Veranstaltungen handelt es sich nicht um einzelne Vorträge, sondern um Vorlesungen über ein ganzes Semester, die pro Thema 20 bis 40 Stunden Redezeit umfassen. Ein Teil davon, vor allem aus der Zeit der Pandemie, sind auf meinem Youtube-Kanal „Grenzen des Wissens“ sowie auf meiner Website „www.grenzen-des-wissens.com“ frei zugänglich. Ich möchte jedoch gleich vorwegnehmen, dass wir in diesem Buch deutlich sanfter an die Materie herangehen, wo es möglich ist mit Beispielen arbeiten und komplizierte Punkte gelegentlich wiederholen werden, um unnötiges Blättern zu vermeiden.

Zu Beginn meiner Karriere war ich wie viele andere der Meinung, dass die Wissenschaft im 21. Jahrhundert die Welt weitestgehend erkundet hat und die noch offenen Fragen vermutlich in absehbarer Zukunft geklärt sein würden. Aber als ich tiefer in

die Denkgebäude der Physik, deren Einsichten man zu den fundamentalsten zählt, eindrang und mein Blick sich immer mehr ausweitete, bekam ich Zweifel an der Vollständigkeit ihres Weltbildes. Die Physik hat eine Modellvorstellung von der Wirklichkeit entwickelt, die zwar zunächst überzeugend aussieht, aber bei genauerem Hinsehen Löcher und Unklarheiten aufweist. Auch gibt es „Flicken“, die auf unbeweisbaren Annahmen beruhen und mit denen man Unstimmigkeiten in den großen Modellen einfach ad hoc „repariert“. Ein Beispiel ist die Inflationstheorie. Das Universum soll sich unmittelbar nach dem Urknall kurzzeitig, nur für einen minimalen Augenblick mit Überlichtgeschwindigkeit ausgedehnt haben. Bezüglich der Hintergründe für diese Behauptung gibt es zwar Hypothesen, aber keine experimentellen Beweise. Bei der Annahme handelt es sich lediglich um einen Flecken des Urknallmodells, der notwendig ist, um das sogenannte Horizontproblem zu lösen. Ich erkläre das im Buch genauer. Ohne sie gäbe es jedenfalls ernste Zweifel an der Gültigkeit der Theorie. Aber das Urknallmodell hat ohnehin das Problem, dass es den Urknall nicht erklären kann. Ist eine Theorie noch angemessen, wenn sie an der Erklärung des Objekts, nach dem sie benannt wurde, scheitert?

Es gibt zahlreiche weitere Unklarheiten und Rätsel dieser Art. In den letzten beiden Kapiteln des Buches behandeln wir wissenschaftliche Erkenntnisse jenseits des menschlichen Verstehens. Möglicherweise kann unser Bewusstsein die Realität dieser Zonen, die sich weit außerhalb unserer Lebenswirklichkeit befinden, nicht vollständig erfassen. Dazu gehört zum Beispiel die Auffassung einiger Physikerinnen und Physiker, die Grundlage allen Seins sei nicht Materie, sondern „Information“. Was soll das sein? Im übertragenen Sinn könnte man Information mit „Geist“ gleichsetzen. „Wie bitte?“, höre ich schon rufen: „Geist als Grundlage allen Seins? Das hört sich äußerst unwissenschaftlich an!“ – und doch gibt es seriöse Leute in der akademischen Physik, die genau diese These vertreten. Ihre Parole lautet „It from Bit“. Das soll heißen, dass alles Sein der Information entspringt. Auch ich fand das zunächst ziemlich exotisch. Aber je mehr ich über die Physik lernte, desto nachdenklicher wurde ich. Diese Nachdenklichkeit manifestiert sich im vorliegenden Buch. Als Nebeneffekt bringe ich den Zauber zurück in unsere Welt.

Die Zivilisation in der Dunkelwolke

1

Das vorliegende Buch handelt von der Wirklichkeit – von dem, was wir wissen, dem, was wir nur glauben zu wissen, und dem, was wir nicht wissen. Es ist ein Buch, das den Anspruch der Physik, alles erklären zu können, in Zweifel zieht. Dabei beruht es streng auf den Erkenntnissen wissenschaftlicher Experimente. Gemeint sind die Ergebnisse von Messungen, also Befragungen der Wirklichkeit, die in etablierten Fachzeitschriften der Naturwissenschaften veröffentlicht wurden. Es wird sich zeigen, dass einige dieser Experimente mit den Modellvorstellungen der Physik kaum in Einklang zu bringen sind. Und das bedeutet wiederum, dass unsere Vorstellungen von der Wirklichkeit Lücken aufweisen. Es gibt mehr, als wir uns vorstellen können.

Aktuell ist das Weltbild der Physik streng materialistisch aufgebaut. Demzufolge gleicht das Universum einer gigantischen Maschine, deren Zahnräder in Form von Naturgesetzen den Ablauf bestimmter Prozesse kontrollieren. In der Physik existieren weder Geist noch Sinn noch Bewusstsein – und noch nicht einmal Leben. Dieses Weltbild repräsentiert einen Zeitgeist, der sich vom Gedanken an das „Übernatürliche“ abgewandt hat und alles aus einer Maschinenperspektive heraus analysieren will. In seinen Grundzügen ist das Phänomen nicht neu: Auch in der Vergangenheit bestand stets die Gefahr, dass die aktuell vorherrschende Weltanschauung die Modellvorstellungen der Naturwissenschaft verzerrt, wie zu jenen Zeiten, als die Menschen noch davon überzeugt waren, dass die Erde flach und der Mittelpunkt des Universums sei. Ironischerweise haben die jüngeren Erkenntnisse der Naturwissenschaften seitdem erneut ihre Verabsolutierung zur Folge gehabt. Leben und Bewusstsein sind in

der aktuellen Vorstellung nur äußerst unwahrscheinliche Zufälle, sozusagen Fehler im automatischen Ablauf eines Maschinenuniversums. Die Welt hat ihren Zauber verloren.

Wenn eine physikalische Modellvorstellung so stark mit dem aktuellen Zeitgeist übereinstimmt, besteht die Möglichkeit, dass sie Beobachtungen, die nicht zu ihr passen, einfach außer Acht lässt. Doch die Wirklichkeit ist fremdartig. Vielleicht verfügt der menschliche Geist auch schlichtweg nicht über die Kapazitäten, sie nur annähernd vollständig zu erfassen. Dann wäre lediglich ein kleiner Teil der Realität unserem Denken überhaupt zugänglich. Wir können hoffen, dass er sich im Laufe der Jahrhunderte langsam vergrößert.

Es stimmt also keinesfalls, dass wir alles Grundlegende bereits herausgefunden haben und nur noch an Verfeinerungen der bisherigen Erkenntnisse arbeiten. Im Gegenteil gibt es sogar Indizien, dass uns in Zukunft große Entdeckungen weit außerhalb der etablierten Physik bevorstehen. Von ihnen handelt dieses Buch. Es entführt den Leser in Räume und Zeiten weit jenseits der vierdimensionalen Raumkugel, auf die wir meinen beschränkt zu sein, und hinein in gedankliche Sphären, in denen die Welt nicht bloß aus Kügelchen und Federn besteht, deren Schwingungen langsam abklingen und dem Kältetod entgegen-driften. Stattdessen zeigt es zum Beispiel die Möglichkeit eines informationsbasierten, „geistreichen“ Universums auf, dessen Elementarteilchen Bits eines ungeheuren Computers sind.

Grundlage der Naturwissenschaft ist die Übereinstimmung von Theorie und Experiment. Mathematische Formeln gibt es viele, aber nur wenige stimmen mit der Wirklichkeit überein. Die Korrespondenz muss erst im Experiment überprüft werden. Und allein wenn eine Theorie diesen Test besteht, erlangt sie einen gewissen Grad an Wahrheit. Denn dann beschreibt sie zumindest Teile der Wirklichkeit korrekt. Auch in diesem Buch, das sich der Naturwissenschaft verpflichtet sieht, muss immer ein experimenteller Beweis erbracht werden, der die Behauptung, es gäbe mehr als das, was die Physik bisher erkundet hat, bestätigt. Allerdings ist es nicht möglich, das Unbekannte zu beschreiben, denn dann wäre es bekannt. Wir müssen uns daher darauf beschränken, Indizien für die Existenz solcher Bereiche der Realität aufzuzeigen. Freilich gibt es diese zuhauf, weshalb nur die

wichtigsten in den folgenden Kapiteln beschrieben werden. Bei diesen Indizien handelt es sich überwiegend um offene Fragen und Unstimmigkeiten im etablierten Weltbild der Physik. Man könnte sie als unwesentliche Kleinigkeiten abtun, die im Laufe der Zeit wahrscheinlich noch geklärt werden, ohne dass wir unsere Vorstellung von der Welt grundlegend verändern müssten. Aber die folgende Fabel veranschaulicht vielleicht, dass offene Fragen und Unstimmigkeiten auf eine beschränkte Anschauung hindeuten können:

Es war einmal eine Zivilisation in einer Dunkelwolke. Diese Ansammlungen aus fein verteiltem kosmischem Staub, der zumindest auf langen Distanzen kein Licht hindurchlässt, finden sich überall in unserer Galaxis. Durch Infrarotaufnahmen weltraumgestützter Teleskope wissen wir, dass sich in ihnen auch Sonnen befinden. Ihre Winde befreien vermutlich die unmittelbare Umgebung um sie herum von Staub, sodass diese Sterne kleine Inseln in einem Meer aus Dunkelheit bilden. Um unsere imaginäre Sonne herum kreisen drei Planeten: ein extrem heißer Gesteinsplanet nahe dem Zentrum, ähnlich unserem Merkur; ein roter Gasriese außen am Rand, ähnlich unserem Jupiter; und schließlich ein blauer Wasserplanet, der im genau richtigen Abstand von der Sonne in der staubfreien Blase seine Bahnen zieht.

Nehmen wir an, auf diesem Planeten sind die Bedingungen so günstig für das Leben wie auf unserer Erde. So kommt dieses auch zustande und durchläuft vergleichbare Entwicklungsstadien, wie wir sie von hier kennen. Die Naturgesetze sind – soweit wir heute wissen – überall im Universum die gleichen, weshalb ein solcher Verlauf zumindest nicht ausgeschlossen ist. Das gilt für die uns zugängliche Raumkugel mit 13,7 Milliarden Lichtjahren Durchmesser, also auf jeden Fall auch innerhalb unserer nur wenige hunderttausend Lichtjahre großen Galaxis. Unser gedachter Planet entstand zunächst als glühende Lavakugel, die allmählich abkühlte. Dann regnete es Zigtausende von Jahren und es bildeten sich die Ozeane. In ihnen entstand einfaches, einzelliges Leben. Für zwei oder drei Milliarden Jahre blieb es dabei. Im Laufe der Zeit führte die Photosynthese der Atmosphäre des Planeten immer mehr Sauerstoff zu. Damit beschleunigte

sich die Evolution gewaltig. Das Leben eroberte die Kontinente, weil es durch die aus dem Sauerstoff neu gebildete Ozonschicht vor der UV-Strahlung geschützt war. Landpflanzen und -Tiere erreichten immer höhere Entwicklungsstufen, bis schließlich intelligentes Leben die Bühne betrat. Wie dieses genau aussah, sollte für unsere Fabel nicht relevant sein. Wichtig ist nur, dass es Werkzeuge benutzte, Maschinen baute und über die Frage nachdachte, in was für einer Welt es lebte und wie seine Heimat im Kosmos entstanden sein könnte.



Abb. 1: Illustration der gedachten Zivilisation in einer kosmischen Dunkelwolke. In ihrer Mitte befindet sich das Sonnensystem mit den drei Planeten. Die intelligenten Bewohner des zweiten Gestirns haben kein Wissen von anderen Sonnen oder Galaxien, es sei denn sie entwickeln interstellare Raumfahrt und schaffen es, in den freien Raum vorzustoßen. Sicher wären sie über den Anblick sehr überrascht.

Bis zu diesem Punkt lief also alles genau so ab, wie auf unserer Erde, mit nur einem wichtigen Unterschied: Die intelligenten Lebewesen wussten nichts von anderen Sonnen, anderen Galaxien und der kosmischen Hintergrundstrahlung, dem Nachglühen des Urknalls. Ihr Kenntnisstand über das Universum war durch ihr Dasein in einer kosmischen Dunkelwolke stark eingeschränkt.

Die Wissenschaftlerinnen und -wissenschaftler entdeckten dort ähnlich wie auf der Erde die vielfältigen Naturgesetze und

entwickelten eine ausgeklügelte Biologie, Chemie und Physik. Sie wussten, dass die Materie aus Atomen aufgebaut ist, die ihrerseits aus Elementarteilchen bestehen. Sie waren den Quarks und den vier Naturkräften auf die Spur gekommen. Doch obwohl sie die Fusionsprozesse im Innern ihrer Sonne mathematisch zu beschreiben vermochten, hatten sie keine Vorstellung davon, wie sie entstanden sein könnte. Man untersuchte den umliegenden Weltraum, sah aber nur die gewaltigen Mengen an kosmischem Staub, der sich in scheinbar endlose Weiten erstreckt. Sonden drangen viele Milliarden Kilometer weit in die Dunkelwolke ein, doch fanden stets nichts als Finsternis. Die Forschenden konnten nicht wissen, dass es nur eine Dunkelwolke – ihrerseits lediglich ein winziger Teil der größeren galaktischen Struktur – war, in der sie sich befanden. Aus ihrer Perspektive schien das ganze Universum aus Staub zu bestehen. Aber woher kam er und wieso gab es darin eine Sonne mit drei Planeten?

Ihre Physikerinnen und Physiker überlegten lange und entwickelten schließlich die „Urloch-Theorie“. Demnach entstand vor undenkbar langer Zeit – grobe Schätzungen anhand der Staubmenge gingen von mindestens 10 000 Milliarden Jahren aus – spontan ein Loch in der Raumzeit. Durch dieses drang ein konstanter Fluss von Wasserstoffatomen in das normale Raum-Zeit-Kontinuum ein. Um das Loch herum bildete sich eine stetig anschwellende Gas-Blase, die durch ihre Eigengravitation zusammengehalten wurde. Letztere stieg mit zunehmender Masse immer weiter an, bis das Gebilde schließlich kontrahierte und die Wasserstoffatome in seinem Zentrum miteinander zu verschmelzen begannen. Fiat Lux – damit war ihre Sonne geboren. Mit dem konstanten Zustrom an frischem Fusionsbrennstoff durch das Urloch brannte ihr Stern fürderhin Tausende von Milliarden Jahren. Der viele Staub im beobachtbaren Universum – so jedenfalls die Theorie – sei einfach ein Nebenprodukt der Sonne, das sich von ihren Winden getragen weit in den Raum verteilt hat. Die Zusammensetzung der gesammelten Proben passte auch gut zu den bekannten Fusionsprozessen, die unter den Bedingungen im Zentrum ihres Gestirns ablaufen sollten.

Die Befürworter untermauerten ihre Theorie mit unzähligen Beobachtungen und konnten viele vorher rätselhafte Daten erklären. Trotzdem gab es Skeptiker. Diese fragten zum Beispiel,

wie es denn sein könne, dass haargenau die richtige Menge an Wasserstoff in einem über Jahrmilliarden konstanten Fluss aus dem Urloch gequollen sei. Die Befürworter hatten dafür eine Erklärung parat, die auf einer Theorie über Singularitäten im vierdimensionalen Raum-Zeit-Gefüge beruht und die außer ihnen selber niemand verstand. Jedenfalls waren sie sich sicher, dass die bekannten Naturgesetze dem Phänomen eines konstanten Zuflusses nicht widersprachen. Die Skeptiker blieben zwar misstrauisch, konnten dem aber nichts entgegenhalten, weil die Mathematik der Urloch-Theorie sie bei weitem überforderte. Außerdem gab es keine Chance einer experimentellen Überprüfung. Denn Theorien dieser Art gehören zu den Modellvorstellungen der Physik, die nicht falsifizierbar sind – es sei denn, man hätte ein künstliches Urloch im Labor erschaffen oder eine Sonde ins Zentrum der Sonne geschickt. Beides war jedoch technisch nicht möglich. Manche Skeptiker meinten sogar, dass es sich bei einer nicht-falsifizierbaren Theorie um keine echte Naturwissenschaft handle. Aber die Forschenden in der Dunkelwolke wussten sich nicht besser zu behelfen.

Es gab noch eine weitere Frage aufseiten der Skeptiker: Woher kommen die vielen chemischen Elemente – nämlich alle, die schwerer als Eisen sind –, die nicht durch Fusionsprozesse in der Sonne entstanden sein konnten? Die Urloch-Theoretiker antworteten etwas betreten, dass sie dafür zurzeit keine gesicherte Erklärung hätten, nur eine These. Dieser zufolge existiere es eine noch unbekannte Art von Materie – sie nannten sie „Helle Materie“, weil sie im Zentrum der Sonne in heller Weißglut vorliegen musste –, welche die Entstehung dieser schwereren Elemente katalysiere. Fortan wurde viel über diese rätselhafte Substanz geforscht, doch entzog sie sich beharrlich jedem Versuch eines experimentellen Nachweises.

Aber die Skeptiker hatten noch mehr Fragen und die Verteidiger der Urloch-Theorie zeigten sich allmählich genervt. Wie war das Urloch entstanden und was gab es davor? Damit trafen sie einen wunden Punkt: Die Theorie hatte nämlich die Schwäche, dass sie das Urloch selbst nicht erklären konnte. Ihre Befürworter entgegneten in gereiztem Ton, dass es vor der Entstehung des Urlochs keine Materie im Universum gegeben habe und jeder Zeitpunkt identisch zum vorherigen gewesen sei. Ihre Fragen sind

deshalb in sich widersprüchlich und entsprechend nicht zulässig. Angesichts dieser Entgegnung waren die Skeptiker zunächst verblüfft und hegten später den Verdacht, dass es sich bei ihr um eine Ausrede handelte. Ihre Fragen blieben jedenfalls unbeantwortet und man stellte ihnen keine Antworten in Aussicht.

Diese kleine Geschichte soll veranschaulichen, dass offene Fragen und Ungereimtheiten ein Zeichen dafür sind, dass dem Menschen bisher nur ein Teil der Realität bekannt ist. Sie schlagen sich in den Modellvorstellungen, die auf der Basis eines unvollständigen Wissens entwickelt werden, nieder. Tatsächlich könnten solche Theorien sogar schlichtweg falsch sein. Da wäre zum Beispiel die Frage aus der Fabel, warum genau die richtige Menge an Gas aus dem Urloch quillt, um die Sonne so lange konstant brennen zu lassen. Wir mit unserem weitaus umfassenderen Wissen über das Universum wissen natürlich, dass Urlöcher nicht existieren und deshalb der ganze Ansatz falsch ist. Aber auch in unserem Weltbild sind wir mit Fragen konfrontiert, die nicht beantwortet werden können. Hätten beispielsweise bestimmte Naturkonstanten nur einen leicht anderen Wert, lägen die Eigenschaften unseres Universums so verschoben, dass kein Leben in unserem Sinn möglich wäre. Weshalb also ist unser Universum auf so merkwürdige Art und Weise für uns „maßgeschneidert“? Weiterhin gibt es im Märchen die „Helle Materie“, eine Anspielung auf die Dunkle Materie und die Dunkle Energie in unserer realen Welt. Auch diese muss unsere Physik ohne experimentellen Beweis quasi als Fiktion annehmen, um bestimmte Phänomene erklären zu können. Schließlich war da noch die Frage nach der Entstehung des Urlochs selber, für welche die Theoretiker aus der Fabel keine Erklärung hatten. Ihre Argumentation, dass es vorher keine Zeit gegeben habe und die Frage daher nicht zulässig sei, gleicht der einiger tatsächlicher Physikerinnen und Physiker, wenn sie nach dem Universum vor dem Urknall gefragt werden.

Das soll nicht heißen, dass es in unserer Realität keinen Urknall gegeben hat. Im Gegenteil werden wir im nächsten Kapitel sehen, dass uns zahlreiche experimentelle Belege für

die Richtigkeit der zugrundeliegenden Theorie vorliegen. Aber trotzdem bleibt ein gewisser Zweifel, dass damit vielleicht noch nicht das letzte Wort zur Frage der Entstehung unserer Welt gesprochen wurde.

Wir beginnen also in Kapitel 2 mit dem aktuellen Weltbild der Physik. Dabei handelt es sich um die Repräsentation der Wirklichkeit, welche die Disziplin so sorgfältig bis heute entwickelt hat und an deren Richtigkeit eigentlich niemand mehr zweifelt. Doch auch in der Dunkelwolke war man sich weitestgehend einig, dass die Urloch-Theorie zahlreiche Beobachtungen erfolgreich erklären kann. Zweifel hätte man dort ebenfalls zurückgewiesen. Das Kapitel fällt relativ lang aus, weil wir darin die komplette Geschichte der Physik abhandeln, zumindest in groben Zügen. Denn wenn man fundierte Zweifel an der Gültigkeit ihres Weltbildes hegen möchte, sollte man mit ihren wichtigsten Aussagen und Theorien vertraut sein.

In Kapitel 3 wagen wir dann erste Schritte in einen Grenzbereich der Physik, sozusagen an die Grenze unseres Wissens und noch ein kleines Stück darüber hinaus. Die Reise führt uns in Kontakt mit Phänomenen, welche die Wissenschaft zwar bisher nicht erklären kann, aber, wie sie selber meint, auf mittlere Sicht recht wahrscheinlich im Rahmen der bekannten Theorien wird erklären können.

Danach, in Kapitel 4, tauchen wir endgültig in die Welt des Unbekannten ein. Über diese Sphäre können wir nur spekulieren. Zwar bauen unsere Mutmaßungen auf den Ergebnissen nachprüfbarer Experimente auf, doch ihre Daten und Befunde entziehen sich dem menschlichen Verstehen. Es geht um die mögliche Existenz höherer Dimensionen und anderer Universen. Über lange Zeit war die Menschheit der Überzeugung, es gäbe nur einen Planeten, nämlich die Erde. Nachdem sich das als falsch herausgestellt hatte, glaubte man fortan, es gäbe nur eine Sonne. Mit der Entdeckung, dass es sich bei den vielen hellen Punkten am Himmel ebenfalls um Sonnen handelt, korrigierte man das Weltbild wieder und dachte nun, es gäbe nur eine Galaxis, die einsam im Zentrum des Universums rotiert. Aber auch das war falsch, denn jetzt wissen wir, dass es unzählige Galaxien gibt. Aktuell sind wir der Auffassung, dass der Urknall nur ein Universum hervorgebracht habe – unseres. Man könnte meinen, der Mensch lerne es nie.