

ro  
ro  
ro

# STEPHEN HAWKING

& LEONARD MLODINOW



## DER GROSSE ENTWURF

EINE NEUE ERKLÄRUNG  
DES UNIVERSUMS

Leseprobe aus:

**Stephen Hawking, Leonard Mlodinow**

## **Der große Entwurf**



Mehr Informationen zum Buch finden Sie auf [rowohlt.de](http://rowohlt.de).

# INHALT

## KAPITEL 1

Das Geheimnis des Seins 9

## KAPITEL 2

Die Herrschaft des Gesetzes 17

## KAPITEL 3

Was ist Wirklichkeit? 37

## KAPITEL 4

Alternative Geschichten 59

## KAPITEL 5

Die Theorie von Allem 85

## KAPITEL 6

Unser Universum wählen 121

## KAPITEL 7

Das scheinbare Wunder 145

## KAPITEL 8

Der große Entwurf 165

Danksagung 179

Glossar 180

Register 183



KAPITEL I

# DAS GEHEIMNIS DES SEINS





**W**IR EXISTIEREN NUR kurze Zeit und erforschen in dieser Zeit nur einen kleinen Teil des Universums. Doch der Mensch ist eine neugierige Spezies. Wir staunen und suchen nach Antworten. Da die Menschen nun einmal in dieser riesigen, mal gütigen, mal grausamen Welt leben und in den unermesslichen Himmel über ihnen blicken, stellen sie sich von jeher eine Fülle von Fragen. Wie können wir die Welt verstehen, in der wir leben? Wie verhält sich das Universum? Was ist das Wesen der Wirklichkeit? Woher kommt das alles? Braucht das Universum einen Schöpfer? Die meisten von uns verbringen nicht übermäßig viel Zeit mit diesen Fragen, doch fast alle machen wir uns hin und wieder darüber Gedanken.

Traditionell sind das Fragen für die Philosophie, doch die Philosophie ist tot. Sie hat mit den neueren Entwicklungen in der Naturwissenschaft, vor allem in der Physik, nicht Schritt gehalten. Jetzt sind es die Naturwissenschaftler, die mit ihren Entdeckungen die Suche nach Erkenntnis voranbringen. Das vorliegende Buch soll Antworten liefern, die durch jüngere Entdeckungen und theoretische Fortschritte nahegelegt werden. Sie führen uns zu einer neuen Vorstellung vom Universum und unserem Platz darin, die ganz anders ist als die traditionelle

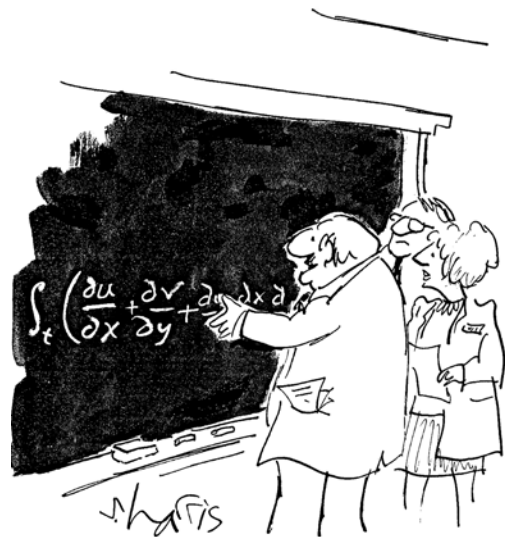
Auffassung, ganz anders sogar als das Bild, das wir vielleicht noch vor ein oder zwei Jahrzehnten gezeichnet hätten. Trotzdem reichen die ersten Entwürfe des neuen Konzepts fast hundert Jahre zurück.

Nach der traditionellen Auffassung vom Universum bewegen sich Objekte auf genau bestimmten Bahnen und haben genau bestimmte Geschichten. Wir können ihren exakten Aufenthaltsort zu jedem Zeitpunkt angeben. Zwar reicht diese Beschreibung für alltägliche Zwecke aus, doch in den zwanziger Jahren entdeckte man, dass dieses «klassische» Bild das scheinbar bizarre Verhalten auf der atomaren und subatomaren Ebene unserer Welt nicht erklären konnte. Man brauchte also einen anderen Erklärungsrahmen, die sogenannte Quantenphysik.

Quantentheorien haben sich bei Vorhersagen über Ereignisse auf mikroskopischen Größenskalen als bemerkenswert genau erwiesen, reproduzieren aber auch, wenn man sie auf die makroskopischen Verhältnisse unserer Alltagswelt anwendet, die Vorhersagen der alten, klassischen Theorien. Doch Quantentheorie und klassische Physik beruhen auf ganz verschiedenen Auffassungen von der physikalischen Wirklichkeit.

Quantentheorien lassen sich auf viele verschiedene Arten formulieren, aber die wahrscheinlich anschaulichste Beschreibung lieferte Richard (Dick) Feynman, ein schillernder Charakter, der am California Institute of Technology arbeitete und ein paar Häuser weiter in einem Striplokal die Bongotrommel schlug. Laut Feynman hat ein System nicht nur eine Geschichte, sondern jede irgend mögliche Geschichte. Auf der Suche nach unseren Antworten werden wir Feynmans Ansatz noch eingehender erklären und mit seiner Hilfe der These nachgehen, dass das Universum selbst keine einmalige Geschichte und noch nicht einmal eine unabhängige Existenz hat. Das halten sogar viele Physiker für eine radikale Idee. Tatsächlich scheint sie, wie viele Konzepte der modernen Naturwissenschaft, dem gesunden Menschenverstand zu widersprechen. Doch der gesunde Menschenverstand stützt sich auf Alltagserfahrung und nicht auf das Universum, wie es uns durch die Wunderwerke der modernen Technik offenbart wird, die uns tief ins Innere des Atoms und zurück bis zu den Anfängen des Universums schauen lassen.

Vor Anbruch der modernen Physik war man allgemein der Meinung, alles Wissen über die Welt lasse sich durch direkte Beobachtung ge-



«... und das ist meine Philosophie.»

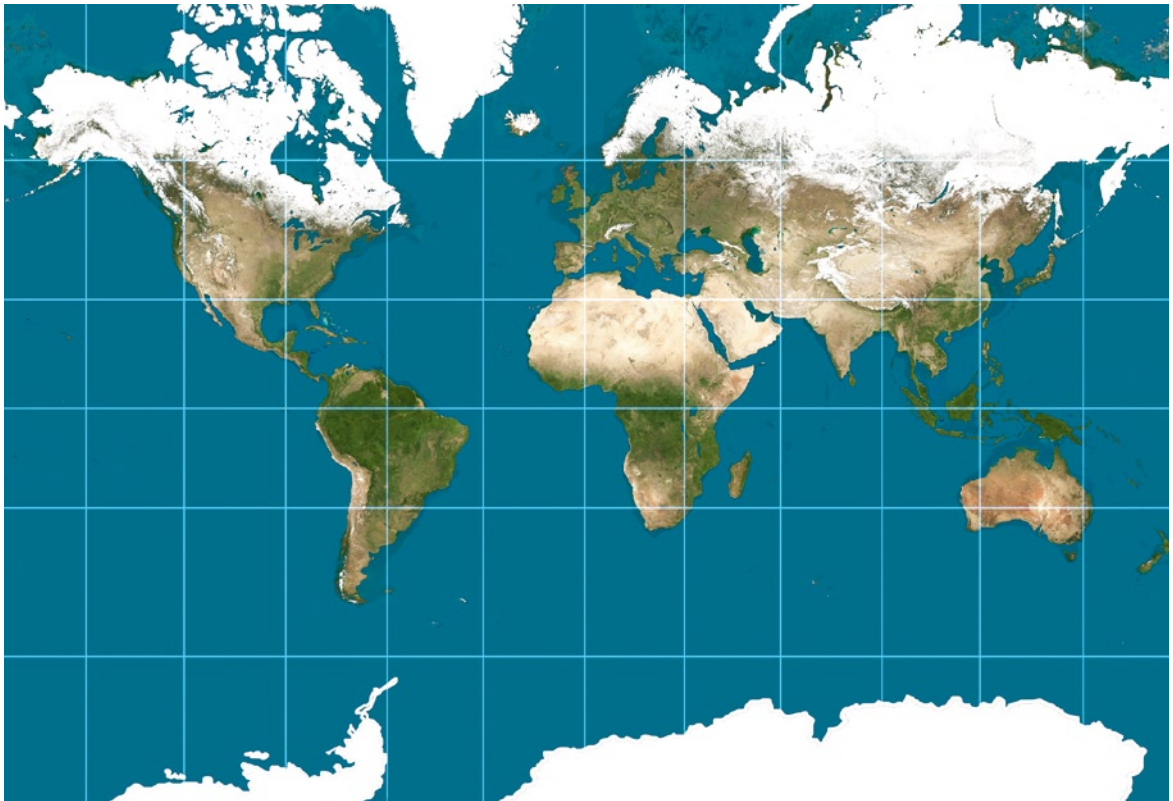
winnen, die Dinge seien so, wie sie erscheinen, das heißt so, wie sie durch unsere Sinne wahrgenommen werden. Doch der spektakuläre Erfolg der modernen Physik mit ihren Konzepten, die, wie Feynmans Ansatz, im Widerspruch zur Alltagserfahrung stehen, hat diese Annahme widerlegt. Das naive Wirklichkeitsverständnis ist nicht mit der modernen Physik zu vereinbaren. Bei der Auseinandersetzung mit diesen Paradoxien werden wir uns an einen Ansatz halten, den wir modellabhängigen Realismus nennen.

Dabei gehen wir von der Überlegung aus, dass unsere Gehirne den Input von unseren Sinnesorganen interpretieren, indem sie ein Modell der Welt anfertigen. Wenn es einem solchen Modell gelingt, Ereignisse zu erklären, billigen wir in der Regel ihm sowie den Elementen und Konzepten, aus denen es besteht, den Status der Wirklichkeit oder absoluten Wahrheit zu. Doch es kann verschiedene Möglichkeiten zur Modellierung ein und derselben physikalischen Situation geben, wobei jeweils verschiedene fundamentale Elemente und Konzepte verwendet werden. Wenn zwei solche physikalischen Theorien oder Modelle dieselben Ereignisse exakt vorhersagen, lässt sich nicht behaupten, das eine sei realer als das andere, daher steht es uns frei, uns an das praktikablere zu halten.

Im Laufe der Wissenschaftsgeschichte haben wir eine Folge immer besserer Theorien oder Modelle entdeckt – von Platon über die klassische Theorie Newtons bis hin zur modernen Quantentheorie. Da liegt die Frage nahe: Wird diese Folge irgendwann ihren Endpunkt erreichen, die endgültige Theorie des Universums, die alle Kräfte umfasst und jede mögliche Beobachtung vorhersagt, oder werden wir fortwährend auf immer bessere Theorien stoßen, aber nie auf eine, die sich nicht mehr verbessern

lässt? Noch kennen wir keine verbindliche Antwort auf diese Frage, aber wir haben eine Kandidatin für eine endgültige Theorie von Allem, wenn es sie denn gibt: die sogenannte M-Theorie. Sie ist das einzige Modell, das alle Eigenschaften besitzt, welche die letztgültige Theorie unserer Meinung nach haben müsste. Auf diese Theorie stützt sich daher ein Großteil unserer späteren Erörterungen.

Die M-Theorie ist keine Theorie im üblichen Sinn. Sie besteht aus einer ganzen Familie verschiedener Theorien, deren jede nur für einen Teilbereich physikalischer Situationen eine gute Beschreibung liefert. Sie hat damit eine gewisse Ähnlichkeit mit einer Landkarte. Bekanntlich kann man nicht die ganze Erdoberfläche auf einer einzigen Karte wiedergeben. Die bei Weltkarten übliche Mercator-Projektion lässt Gebiete im hohen Norden und tiefen Süden immer größer erscheinen und erfasst den Nord- und Südpol überhaupt nicht mehr. Um die ganze Erde wirklichkeitsgetreu abzubilden, benötigt man mehrere Karten, deren jede eine begrenzte Region darstellt. Dort, wo diese Karten einander überlappen, zeigen sie dieselbe Landschaft. Ähnlich verhält es sich mit der M-Theorie. Die einzelnen Mitglieder der M-Theriefamilie mögen sehr verschieden aussehen, lassen sich aber



---

*WELTKARTE – Möglicherweise bedarf es einer Reihe einander überschneidender Theorien, um das Universum darzustellen, genauso wie es einander überlappender Karten bedarf, um die Erde darzustellen.*

---

alle als Aspekte derselben zugrundeliegenden Theorie auffassen. Sie sind Spielarten der Theorie, die sich nur in gewissen Grenzen anwenden lassen, etwa wenn bestimmte Größen wie die Energie klein sind. Wie die überlappenden Karten einer Mercator-Projektion sagen sie dort,

wo sich die Reichweiten verschiedener Versionen überschneiden, dasselbe Phänomen vorher. Doch wie keine flache Karte eine befriedigende Wiedergabe der gesamten Erdoberfläche ist, so stellt auch keine einzelne Theorie für sich allein die Beobachtungen in allen Situationen treffend dar.

Wir werden darlegen, inwiefern die M-Theorie Antworten auf die Schöpfungsfrage geben kann. Nach der M-Theorie ist unser Universum nicht das einzige, sondern eines unter einer Vielzahl von Universen, die aus dem Nichts geschaffen wurden. Ihre Schöpfung ist nicht auf die Intervention eines übernatürlichen Wesens oder Gottes angewiesen. Vielmehr ist diese Vielfalt von Universen eine natürliche Folge der physikalischen Gesetze, eine naturwissenschaftliche Vorhersage. Jedes Universum hat viele mögliche Geschichten und viele mögliche Zustände in späteren Zeiten, das heißt in Zeiten wie der gegenwärtigen, lange nach seiner Erschaffung. Die meisten dieser Zustände werden ganz anders sein als das Universum, das wir beobachten, und ganz ungeeignet für die Existenz irgendwelcher Lebensformen. Nur eine ganz geringe Anzahl würde die Existenz von Geschöpfen wie uns zulassen. Daher selektiert unsere Anwesenheit aus dieser ungeheuren Zahl nur

diejenigen Universen, die mit unserer Existenz vereinbar sind. Obwohl wir nach kosmischen Maßstäben nur winzig und unbedeutend sind, werden wir dadurch in gewissem Sinne zu den Herren der Schöpfung.

Um das Universum auf fundamentalster Ebene zu verstehen, müssen wir nicht nur wissen, *wie* sich das Universum verhält, sondern auch *warum*.

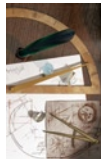
- *Warum gibt es etwas und nicht einfach nichts?*
- *Warum existieren wir?*
- *Warum dieses besondere System von Gesetzen und nicht irgendein anderes?*

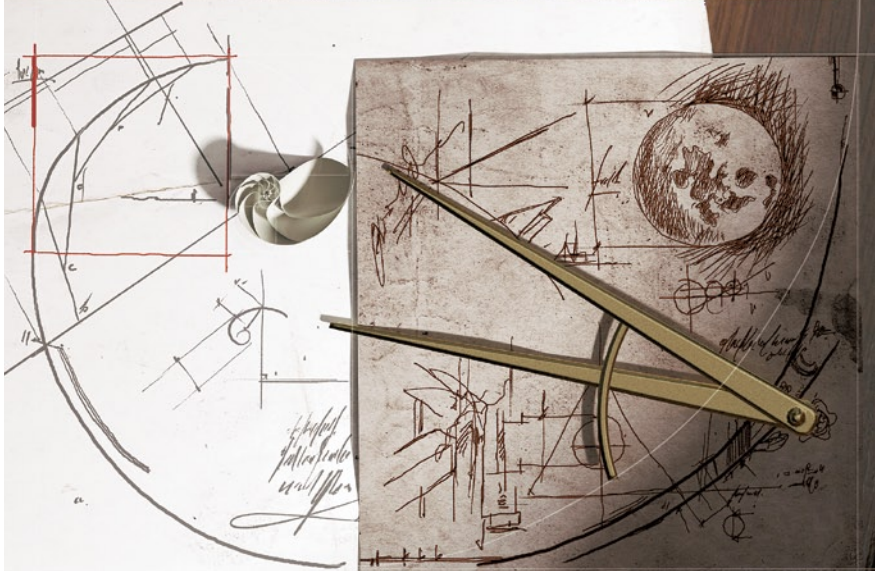
Das ist die letztgültige Frage nach dem Leben, dem Universum und dem ganzen Rest. Wir werden versuchen, sie in diesem Buch zu beantworten. Allerdings wird unsere Antwort anders als in *Per Anhalter durch die Galaxis* nicht einfach «42» lauten.



KAPITEL 2

# DIE HERRSCHAFT DES GESETZES





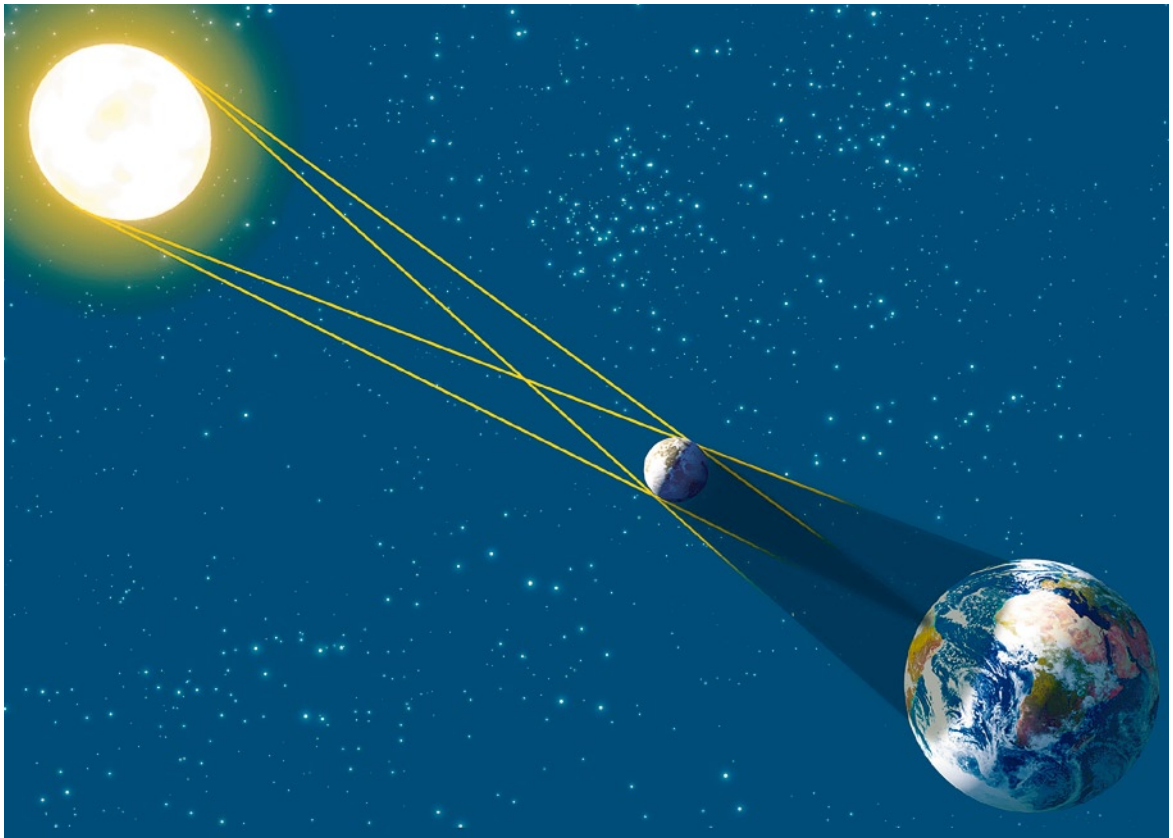
*Sköll heißt der Wolf,  
der der scheinenden Gottheit  
Folgt in die schützende Flut;  
Hati der andre, Hrodwitnirs Sohn,  
Eilt der Himmelsbraut voraus.  
GRIMNISMÁL, Ältere Edda\**

**I**N DER NORDISCHEN MYTHOLOGIE jagen Sköll und Hati die Sonne und den Mond. Wenn die Wölfe einen der beiden Himmelskörper packen, gibt es eine Finsternis. Dann kommen die Menschen auf der Erde der Sonne oder dem Mond zu Hilfe, indem sie – in der Hoffnung, die Wölfe abzuschrecken – nach Kräften Lärm machen. In anderen Kulturen gibt es ähnliche Mythen. Doch mit der Zeit müssen die Menschen gemerkt haben, dass Sonne und Mond aus ihren Finsternissen rasch wieder auftauchen, ob sie nun schreiend umherliefen und auf Gegenstände einschlugen oder auch nicht. Mit der Zeit müssen sie dann gemerkt haben, dass die Finsternisse nicht einfach zufällig auftraten: Sie vollzogen sich in regelmäßigen, sich wiederholenden Mustern. Besonders deutlich zeigten sich diese Muster bei den Verfinsterungen des Mondes, was die alten Babylonier in die Lage versetzte, Mondfinsternisse ziemlich genau vorherzusagen, obwohl ihnen nicht klar war, dass diese entstanden, weil der Mond im Schatten der Erde stand. Sonnenfinsternisse waren schwieriger vorherzusagen, weil sie auf der Erde nur in einem Korridor von rund 50 Kilometern Breite zu sehen sind. Doch sobald die Muster einmal erkannt waren, bestand kein Zweifel mehr daran, dass sie nicht von den Launen übernatür-

licher Wesen abhingen, sondern von Gesetzen bestimmt wurden.

Obwohl es unseren Vorfahren schon früh gelang, die Bewegungen einiger Himmelskörper zu prophezeien, vermochten sie die meisten Naturerscheinungen nicht vorherzusagen. Ob Vulkane, Erdbeben, Stürme, Seuchen oder eingewachsene Fußnägel – alle schienen sie ohne erkennbare Ursachen oder Regelmäßigkeiten aufzutreten. Im Altertum war es üblich, heftige Naturereignisse einem Pantheon mutwilliger oder bössartiger Gottheiten zuzuschreiben. Unglücksfälle galten häufig als Zeichen dafür, dass man die Götter irgendwie gekränkt hatte. Beispielsweise brach um 5600 v. Chr. der Vulkan Mount Mazama im heutigen Oregon aus, ließ jahrelang Gestein und glühende Asche herabregnen und verursachte die Regenfälle, die im Laufe der Jahre den vulkanischen Krater füllten, sodass ein See, der heutige Crater Lake, entstand. Eine Legende der Klamath-Indianer Oregons gibt jede geologische Einzelheit des Geschehens getreulich wieder, versieht es aber zusätzlich mit einem dramatischen Glanzlicht, indem sie einen Menschen als Ursache der Kata-

\* *Grimnismâl, Das Lied von Grímnir*, Stuttgart, Cotta, 1876, S. 18.



---

FINSTERNISSE – *Unsere Vorfahren kannten die Ursache der Finsternisse nicht, aber sie bemerkten Muster in ihrem Auftreten.*

---

strophe benennt. Die menschliche Schuldbereitschaft ist so groß, dass wir immer einen Grund zur Selbstbezeichnung finden. In der Legende entbrennt Liao, der Häuptling der Unterwelt, in Liebe zu der schönen Menschengeschichte eines