

uns noch beschäftigen. Dank der Ergebnisse des Hubble-Weltraumteleskops, des Sloan Digital Sky Survey, der Wilkinson-Microwave-Anisotropy-Probe (WMAP) und des Planck-Satelliten besitzen wir jetzt außerordentlich genaue Kenntnisse über das kosmologische Standardmodell samt seinen kosmischen Inhaltsstoffen: normale Materie (deren Masse in ihren Atomkernen steckt) und zusätzlich Dunkle Materie und Dunkle Energie. In Europa haben Physiker am Large Hadron Collider das Higgs-Boson entdeckt und uns damit der erhofften *Theorie von Allem* einen Schritt nähergebracht. Das Laser-Interferometer-Gravitationswellen-Observatorium (LIGO) hat den Nachweis der Gravitationswellen zweier Schwarzer Löcher erbracht, die sich spiralförmig aufeinander zubewegten und dann verschmolzen.

Wir erklären, wie Astronomen die Menge an Dunkler Materie bestimmt haben und woher wir wissen, dass sie nicht aus gewöhnlicher Materie besteht – also nicht aus Materie mit Atomkernen, die Protonen und Neutronen enthalten. Weiterhin erläutern wir, wie wir die Dichte der Dunklen Energie in Erfahrung gebracht haben und woher wir wissen, dass sie einen negativen Druck aufweist. Schließlich gehen wir auf aktuelle Spekulationen über den Ursprung des Universums und über seine künftige Entwicklung ein. Diese Fragen führen uns an die äußerste Grenze des gegenwärtigen physikalischen Wissens. Wir haben spektakuläre Bilder des Hubble-Weltraumteleskops, des WMAP-Satelliten und der Raumsonde New Horizons in das Buch aufgenommen, die Pluto und seinen Mond Charon zeigen.

Das Universum ist ehrfurchtgebietend überwältigend, wie uns Neil im allerersten Kapitel zeigt. Das finden viele Menschen faszinierend, fühlen sich aber gleichzeitig winzig und unbedeutend. Doch wir haben das Ziel, Ihnen die Möglichkeit zu geben, das Universum zu verstehen. Daraus sollten Sie Kraft schöpfen. Wir haben herausgefunden, worauf Gravitation beruht, wie sich Sterne entwickeln und wie alt das Universum ist. Das sind Triumphe der menschlichen Intelligenz und Beobachtungsgabe – Dinge, die Sie stolz machen sollten, der Menschheit anzugehören.

Das Universum ruft. Fangen wir an.

J. Richard Gott
Princeton, New Jersey



TEIL
I

STERNE,
PLANETEN
UND
LEBEN

1

GRÖSSENVERHÄLTNISSE IM UNIVERSUM

NEIL DEGRASSE TYSON

Wir beginnen mit den Sternen, fliegen hoch und davon – in die Galaxis, das Universum und noch viel weiter. Wie sagt Buzz Lightyear in *Toy Story*? »Bis in die Unendlichkeit und noch viel weiter!«

Es ist ein riesiges Universum. Ich möchte Sie mit der Größe und dem Ausmaß des Kosmos vertraut machen, der größer ist, als Sie denken. Er ist heißer, als Sie denken. Er ist dichter, als Sie denken. Er ist leerer, als Sie denken. Alles, was Sie über das Universum denken, ist weniger exotisch als die Wirklichkeit. Vergewöhnen wir uns ein paar grundlegende Dinge, bevor wir beginnen. Ich möchte Sie in die Welt der großen und kleinen Zahlen einführen, das wird Ihren Wortschatz auffrischen und Ihnen Größenverhältnisse im Universum näherbringen. Lassen Sie mich mit der Zahl 1 beginnen. Sie haben sie schon oft gesehen. Sie hat keine angehängten Nullen. In Exponentialschreibweise wird sie zu zehn hoch null, 10^0 . Die Zahl 1 hat keine Nullen rechts von dieser 1, was durch den Exponenten null angegeben wird. Natürlich lässt sich 10 auch als zehn hoch eins schreiben, 10^1 . Schauen wir uns tausend an – 10^3 . Wie ist das metrische Präfix für tausend? *Kilo*- Kilogramm – tausend Gramm; Kilometer – tausend Meter. Nehmen wir noch 3 Nullen dazu, 1 Million, 10^6 , das Präfix ist *mega*-. Vielleicht konnte man noch nicht weiter zählen, als man das Megaphon erfand; hätte man damals von der Milliarde gewusst – drei Nullen mehr –, hätte man es vielleicht »Gigaphon« genannt.

Wenn Sie sich für die Dateigrößen auf Ihrem Computer interessieren, sind Ihnen zwei Wörter geläufig – »Megabyte« und »Gigabyte«. Ein Gigabyte hat 1 Milliarde Byte.¹ Ich bin nicht davon überzeugt, dass Sie wissen, wie groß 1 Milliarde tatsächlich ist. Schauen wir uns in unserer Welt um und prüfen wir, welche Dinge in Milliarden vorkommen.

Zunächst einmal gibt es 7 Milliarden Menschen auf der Erde. Bill Gates? Wie viel hat er? Als ich das letzte Mal nachgesehen habe, waren es an die 80 Milliarden Dollar. Er ist der Schutzheilige der Geeks; zum ersten Mal wird die Welt von Geeks kontrolliert. Während des größten Teils der Menschheitsgeschichte war das nicht der Fall. Die Zeiten haben sich geändert. Wo haben Sie schon einmal 100 Milliarden gesehen? Nun, nicht ganz 100 Milliarden. McDonald's. »Mehr als 99 Milliarden serviert.« Das ist die größte Zahl, die Sie jemals auf der Straße gesehen haben. Ich weiß noch, als das Zählen anfing. Der McDonald's meiner Kindheit verkündete stolz und in großen Lettern: »Mehr als 8 Milliarden serviert.« Nie erschien auf dem McDonald's-Schild die Zahl 100 Milliarden. Man hatte dort nur Platz für zwei Ziffern gelassen, daher endete die Burger-Zählung bei 99 Milliarden. Doch jetzt macht man bei McDonald's auf Carl Sagan und sagt: »Milliarden und Abermilliarden serviert.«

Nehmen Sie 100 Milliarden Hamburger, und legen Sie sie dicht aneinander. Beginnen Sie in New York City, und halten Sie sich westwärts. Erreichen Sie Chicago? Natürlich. Kommen Sie nach Kalifornien? Klar doch. Bringen Sie die Dinge irgendwie zum Schwimmen. Diese Berechnung gilt für den Durchmesser der Brötchen (10 Zentimeter), denn der Burger an sich ist etwas kleiner als das Brötchen. Also, in dieser Rechnung geht es nur um das Brötchen. Jetzt legen Sie die Semmeln auf einer großen kreisförmigen Route als dichte, schwimmende Reihe quer über die Weltmeere – über den Pazifik, vorbei an Australien und Afrika, und kehren Sie zurück über den Atlantik, bis Sie schließlich mit Ihren 100 Milliarden Hamburgern wieder in New York City landen. Das sind eine Menge Hamburger. Trotzdem haben Sie noch ein paar übrig, nachdem Sie die Erde einmal umkreist haben. Und was fangen Sie mit dem Rest an? Sie wiederholen die Reise, genauer: Sie führen 215 weitere Erdumrundungen durch! Immer noch haben Sie ein paar übrig. Diese Kreise um die Erde werden Ihnen langweilig. Was tun Sie? Sie stapeln sie. Nachdem Sie die Erde 216-mal umrundet haben, beginnen Sie also, Ihre Hambur-