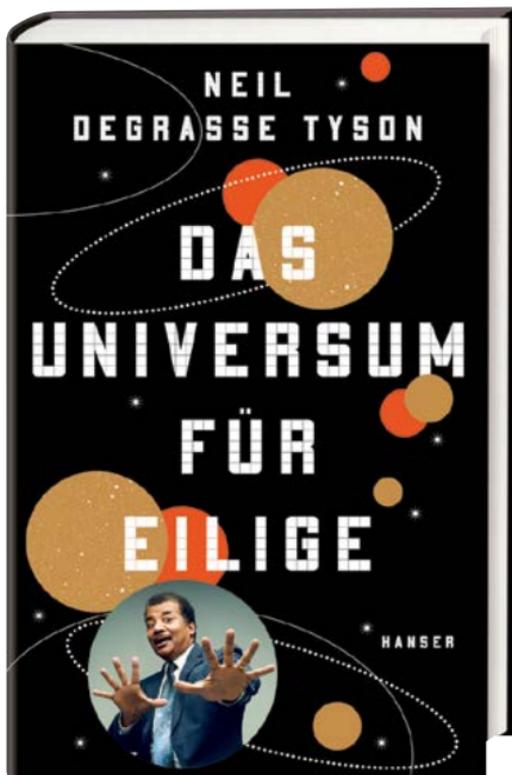


Leseprobe aus:
Neil deGrasse Tyson
Das Universum für Eilige



Mehr Informationen zum Buch finden Sie auf
www.hanser-literaturverlage.de

© Carl Hanser Verlag München 2018

HANSER



Neil deGrasse Tyson

DAS UNIVERSUM FÜR EILIGE

Aus dem Englischen von
Hans-Peter Remmler

Carl Hanser Verlag

Kapitel, die für diese Ausgabe aus den »Universe«-Aufsätzen des *Natural History* Magazins adaptiert wurden: Kapitel 1: März 1998 und September 2003; Kapitel 2: November 2000; Kapitel 3: Oktober 2003; Kapitel 4: Juni 1999; Kapitel 5: Juni 2006; Kapitel 6: Oktober 2002; Kapitel 7: Juli/August 2002; Kapitel 8: März 1997; Kapitel 9: Dezember 2003/Januar 2004; Kapitel 10: Oktober 2001; Kapitel 11: Februar 2006; Kapitel 12: April 2007.

Titel der Originalausgabe:
Astrophysics for People in a Hurry.
New York/London,
W.W.Norton & Company 2017

1. Auflage 2018

ISBN 978-3-446-25835-8

Copyright © 2017 by Neil deGrasse Tyson

Alle Rechte der deutschen Ausgabe:

© Carl Hanser Verlag München 2018

Umschlag: Anzinger & Rasp/Marion Blomeyer, München.

Foto: Miller Mobley/AUGUST

Satz im Verlag

Druck und Bindung: CPI books GmbH, Leck

Printed in Germany



MIX
Papier aus verantwortungs-
vollen Quellen
FSC® C083411

Für alle, die für dicke Wälzer keine Zeit,
aber trotzdem Interesse daran haben,
was außerhalb unserer Erde so alles los ist

INHALT

Vorwort	9
1. Die größte Geschichte aller Zeiten	13
2. Wie im Himmel, so auf Erden	28
3. Es werde Licht	40
4. Zwischen den Galaxien	52
5. Dunkle Materie	63
6. Dunkle Energie	80
7. Der Kosmos im Periodensystem	99
8. Alles, was rund ist	116
9. Unsichtbares Licht	128
10. Zwischen den Planeten	144
11. Exoplanet Erde	156
12. Gedanken zur kosmischen Perspektive	170
Dank	185
Register	186

VORWORT

Seit einigen Jahren vergeht kaum eine Woche ohne eine Entdeckung kosmischen Ausmaßes, die es in die Schlagzeilen schafft – zuletzt, im Oktober 2017, das Echo einer gigantischen Explosion zweier 130 Millionen Lichtjahre entfernter Sterne. Die wachsende mediale Präsenz liegt daran, dass die Öffentlichkeit einfach immer mehr über Naturwissenschaften erfahren will. Dafür spricht eine ganze Menge: Fernsehshows mit naturwissenschaftlichem Bezug, Science-Fiction-Filme mit berühmten Schauspielern und namhaften Produzenten und Regisseuren sind Kassenschlager im Kino, Filmbiografien bedeutender Wissenschaftler haben sich fast schon zu einem eigenständigen Genre entwickelt. Auch Wissenschaftsfestivals, Science-Fiction-Kongresse und wissenschaftliche Dokumentationen im Fernsehen erfreuen sich weltweit großen Interesses. Und: Der erfolgreichste Film aller Zeiten spielt auf einem Planeten, der einen fernen Stern umkreist. In der Hauptrolle: eine Astrobiologin.

Die meisten Zweige der Wissenschaft haben sich in unserer Ära weiterentwickelt, keine jedoch so stark wie die Astrophysik. Und ich glaube, ich weiß, warum. Irgendwann im Leben hat jeder von uns einmal den Blick zum Nachthimmel

gerichtet und sich gefragt: Was hat das alles zu bedeuten? Wie funktioniert das alles? Und wo ist eigentlich mein Platz im Universum?

Wenn Sie zu beschäftigt sind, um sich mit Fachliteratur, Dokumentarfilmen oder der Volkshochschule dem Kosmos anzunähern, aber trotzdem gerne eine kurze, aussagekräftige Einführung in das Thema hätten, wäre hier mein Angebot: *Das Universum für Eilige*. In diesem kleinen Bändchen erfahren Sie alles, was Sie über die wichtigsten Ideen und Entdeckungen wissen müssen, die unser heutiges Verständnis des Universums ausmachen. Wenn alles gut geht, werden Sie auf meinem Fachgebiet jederzeit mitreden können, und vielleicht bekommen Sie sogar Appetit auf mehr.

*Das Universum steht nicht in der Pflicht,
für uns irgendeinen Sinn zu ergeben.*

-NDT

DIE GRÖßTE GESCHICHTE ALLER ZEITEN

*Die Welt besteht schon gar viele Jahre,
von Urkräften ehemals füglich in ihren
Lauf gesetzt. Aus diesen Kräften
geht alles andere hervor.*

Lukrez, ca. 50 v. Chr.

Am Anfang, vor fast 14 Milliarden Jahren, nahmen der gesamte Raum, die gesamte Materie und die gesamte Energie des bekannten Universums weniger als ein Billionstel der Größe des Punkts ein, der am Ende dieses Satzes steht.

Es herrschte eine solche Hitze, dass die Grundkräfte der Natur, die in ihrer Gesamtheit das Universum beschreiben, zu einem einheitlichen Ganzen verschmolzen waren. Noch wissen wir nicht, wie dieser unvorstellbar winzige Kosmos entstanden ist, klar ist jedoch: Er konnte nur expandieren – und zwar schnell. Diese Expansion kennen wir heute als Urknall.

Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie aus dem Jahr 1916 begründet unser modernes Verständnis der Gravitation, wonach das Vorhandensein von Materie und Energie eine Krümmung des Raum-Zeit-Gefüges bewirkt. In den

1920er-Jahren wurde die Quantenmechanik entdeckt, die unsere moderne Vorstellung von allem prägt, was extrem klein ist: Moleküle, Atome, subatomare Partikel. Diese beiden Vorstellungen von der Natur sind formal allerdings nicht kompatibel. Und so begann ein Wettlauf der Physiker, wie die Theorie des Kleinen mit der Theorie des Großen zu einer einzigen kohärenten Theorie der Quantengravitation zusammenzuführen sei. Wir sind noch nicht über die Zielinie, wissen aber immerhin, wo die Knackpunkte sind. Einer davon liegt in der »Planck-Ära« des frühen Universums. Dabei geht es um das Zeitintervall von $t = 0$ bis $t = 10^{-43}$ Sekunden (ein Zehnseptillionstel einer Sekunde oder: 0,0000 00000000000000000000000000000000000001 Sekunden) nach dem Anfang, und bevor das Universum auf einen Durchmesser von 10^{-35} Meter (ein Hundertquintilliardstel eines Meters oder: 0,0000000000000000000000 0000000000000001 Meter) angewachsen war. Der deutsche Physiker Max Planck, nach dem diese unvorstellbar winzigen Größen benannt sind, führte im Jahr 1900 die Idee der quantisierten Energie ein und gilt allgemein als Vater der Quantenmechanik.

Der Widerstreit zwischen Gravitation und Quantenmechanik stellt für das Universum unserer Tage kein praktisches Problem dar. Astrophysiker wenden die Methoden und Werkzeuge der Allgemeinen Relativitätstheorie und der Quantenmechanik auf höchst unterschiedliche Problemfelder an. Aber am Anfang, in der Planck-Ära, war das Gro-

ße noch klein, und wir haben den Verdacht, dass zwischen den beiden eine Art Zwangsehe geschlossen wurde. Allein, die bei dieser Zeremonie ausgetauschten Gelübde blieben uns bisher verborgen, deshalb gibt es keine (bekannten) Gesetze der Physik, die halbwegs verlässlich beschreiben könnten, was genau im Universum während dieses Zeitraums vorging.

Dennoch gehen wir davon aus, dass sich zum Ende der Planck-Ära die Gravitation von den anderen, nach wie vor vereinten Kräften der Natur zu lösen vermochte und eine eigenständige Identität erlangte, wie sie unsere gegenwärtigen Theorien trefflich beschreiben. Im Verlauf seiner »Alterung« bis 10^{-35} Sekunden dehnte sich das Universum weiter aus und schwächte dabei alle Energiekonzentrationen ab. Was von den vereinten Urkräften übrig war, teilte sich in die »elektroschwache Kraft« und die »starke Kernkraft« auf. Noch etwas später spaltete sich die elektroschwache Kraft in die elektromagnetische Kraft und die »schwache Kernkraft« auf. Und damit haben wir die vier kosmischen Grundkräfte, die wir alle kennen und schätzen: Die schwache Kernkraft steuert den radioaktiven Zerfall, die starke Kernkraft bindet den Atomkern, die elektromagnetische Kraft bindet die Moleküle, und die Schwerkraft bindet feste Materie.

■

Seit dem Anfang ist eine billionstel Sekunde vergangen.

■

Die Wechselwirkung zwischen Materie, in Form subatomarer Teilchen, und Energie, in Form von Photonen (masselose Teilchen, die die Energie des Lichts transportieren und gleichermaßen als Welle und als Partikel betrachtet werden können), ging derweil unablässig weiter. Das Universum war so heiß, dass die Photonen ihre Energie spontan in Materie-Antimaterie-Partikelpaare umwandeln konnten. Die löschten sich sofort wieder gegenseitig aus und wandelten sich in Energie in Form neuer Photonen um. Ja, Antimaterie gibt es wirklich. Und wir haben sie entdeckt, nicht Science-Fiction-Autoren. Einstein beschreibt diese wundersamen Wandlungen umfassend in seiner berühmtesten Gleichung: $E = mc^2$. Sie sagt uns auf ganz einfache Weise, wie viel Materie unsere Energie und wie viel Energie unsere Materie wert ist. Das c^2 ist die Lichtgeschwindigkeit zum Quadrat – eine gewaltige Zahl, die uns, wenn man sie mit der Masse multipliziert, vor Augen führt, wie viel Energie bei der Übung am Ende herauskommt.

Kurz vor, während und nach der Trennung der starken von der elektroschwachen Kraft war das Universum eine brodelnde Brühe aus Quarks, Leptonen und deren Geschwistern im Reich der Antimaterie. Dazu kamen noch Bosonen, jene Teilchen, die die Interaktionen der anderen erst ermöglichen. Von keiner dieser Teilchenfamilien nimmt man an, dass sie in etwas noch Kleineres oder Elementareres aufgeteilt werden könnte. Trotzdem tritt jede davon in mehreren Varietäten auf. Das handelsübliche Photon gehört zur Fa-

milie der Bosonen. Die für Nichtphysiker am ehesten vertrauten Leptonen sind das Elektron und vielleicht noch das Neutrino; und die geläufigsten Quarks ... gut, zugegeben, wirklich geläufige Quarks gibt es nicht. Jeder ihrer sechs Unterarten verpasste man einen abstrakten Namen, der keinerlei philologischen, philosophischen oder pädagogischen Zweck erfüllt, außer eben dem, sie von den jeweils anderen Unterarten zu unterscheiden: So gibt es *Up*- und *Down*-Quarks, *Strange*- und *Charm*-Quarks und *Top*- und *Bottom*-Quarks.

Bosonen sind, nebenbei bemerkt, nach dem indischen Wissenschaftler Satyendra Nath Bose benannt. Der Begriff »Lepton« leitet sich vom griechischen Wort *leptos* ab, das »leicht« oder »klein« bedeutet. »Quark« hingegen besitzt einen literarischen und weitaus fantasiereicheren Ursprung. Der Physiker Murray Gell-Mann, der im Jahr 1964 die Existenz von Quarks als interne Bestandteile von Neutronen und Protonen in den Raum stellte und der zu jener Zeit annahm, dass die Familie der Quarks aus nur drei Mitgliedern bestünde, entlieh den Namen einer ebenso typischen wie mysteriösen Textstelle in James Joyce' *Finnegans Wake*: »Drei Quarks für Muster Mark!« Eines immerhin darf man den Quarks zugutehalten: Alle ihre Bezeichnungen sind wirklich simpel – Chemiker, Biologen und vor allem Geologen kriegen eine derart einfache Nomenklatur nicht auf die Reihe.

Quarks sind seltsame Gesellen. Anders als Protonen, die eine elektrische Ladung von +1 haben, und Elektronen (elek-

trische Ladung: $-1/3$), haben Quarks Drittelbrüche als Ladungswerte. Vor allem aber wird es niemandem gelingen, ein Quark ganz alleine zu erwischen; es krallt sich immer an anderen Quarks in seiner Nähe fest. Die Kraft, die zwei (oder mehr) Quarks zusammenhält, nimmt sogar zu, je mehr man versucht, sie voneinander zu trennen – ganz so, als wären sie durch eine Art subnukleares Gummiband verbunden. Bringt man aber die Quarks weit genug auseinander, reißt das Gummiband, die gespeicherte Energie lässt unter Berufung auf $E = mc^2$ an jedem Ende ein neues Quark entstehen – und Sie sind wieder da, wo Sie angefangen haben.

In der Quark-Lepton-Ära war das Universum so dicht gepackt, dass der durchschnittliche Abstand zwischen nicht verbundenen Quarks vom Abstand zwischen verbundenen Quarks kaum zu unterscheiden war. Unter diesen Bedingungen war die Zusammengehörigkeit benachbarter Quarks nicht eindeutig auszumachen. Die Quarks bewegten sich frei untereinander, auch wenn sie kollektiv aneinander gebunden waren. Die Entdeckung dieses Materiezustands, einer Art Kessel voller Quarks, wurde erstmals im Jahr 2002 von einem Physikerteam der Brookhaven National Laboratories von Long Island, New York, gemeldet.

Theoretisch spricht viel dafür, dass ein Ereignis im ganz frühen Universum, vielleicht während einer der Aufspaltungen der Urkräfte, zu einer bemerkenswerten Asymmetrie führte. Danach waren die Materiepartikel den Antimateriepartikeln zahlenmäßig nur ganz knapp voraus, und zwar im

Verhältnis von 1 000 000 000 001 zu 1 000 000 000 000. Inmitten der kontinuierlichen Zyklen von Erzeugung, Vernichtung und Neuerzeugung von Quarks und Antiquarks, Elektronen und Antielektronen (besser bekannt als Positronen), Neutrinos und Antineutrinos fiel dieser winzige Unterschied gewiss niemandem auf. Der überzählige Kollege hatte Gelegenheiten zuhauf, einen Partner für die Paarvernichtung zu finden, und so machten es auch alle anderen.

Aber allzu lange ging das nicht so weiter. Der Kosmos dehnte sich weiter aus – wurde größer als unser Sonnensystem – und kühlte sich zügig ab – auf unter eine Milliarde Kelvin.

▪

Seit dem Anfang ist eine millionstel Sekunde vergangen.

▪