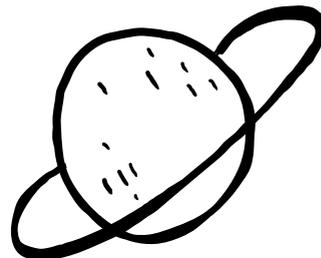


# ASTROPHYSIK, DAS UNIVERSUM UND DER GANZE REST

NEIL  
DEGRASSE  
TYSON  
mit Gregory Mone



**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie.

Detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://d-nb.de> abrufbar.

**Für Fragen und Anregungen:**

[info@finanzbuchverlag.de](mailto:info@finanzbuchverlag.de)

1. Auflage 2022

© 2022 by FinanzBuch Verlag, ein Imprint der Münchner Verlagsgruppe GmbH

Türkenstraße 89

80799 München

Tel.: 089 651285-0

Fax: 089 652096

Die englische Originalausgabe erschien 2017 und 2019 bei W. W. Norton & Company, Inc., 500 Fifth Avenue, New York, NY 10110 unter dem Titel *Astrophysics for young people in a hurry*. Copyright © 2019, 2017 by Neil deGrasse Tyson. All rights reserved.

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Übersetzung: Hainer Kober

Redaktion: Markus Pössel, Diana Napolitano

Korrektur: Silvia Kinkel

Design Innenteil: © Charles Kreloff Design

Umschlaggestaltung: Karina Braun in Anlehnung an das Cover der Originalausgabe

Umschlagabbildung: Shutterstock.com/ZHUKO, YuliaYukii

Satz: Mjude Puzziferri, MP Medien, München

Druck: Florjancic Tisk d.o.o., Slowenien

Printed in the EU

ISBN Print 978-3-95972-486-9

ISBN E-Book (PDF) 978-3-96092-920-8

ISBN E-Book (EPUB, Mobi) 978-3-96092-921-5



Weitere Informationen zum Verlag finden Sie unter

**[www.finanzbuchverlag.de](http://www.finanzbuchverlag.de)**

Beachten Sie auch unsere weiteren Verlage unter [www.m-vg.de](http://www.m-vg.de)

# Prolog:

## Gassi gehen, um die Sterne zu sehen

**I**ch beschloss, Astrophysiker zu werden, als ich neun Jahre alt war. Ich erinnere mich noch an den Abend. Der Himmel war voller Sterne. Der große und der kleine Wagen. Die Planeten Jupiter und Saturn. Ein Meteor jagte dem Horizont entgegen, und ich sah eine Art Wolke über den Himmel wandern. Doch es war keine Wolke. Ich betrachtete unsere unmittelbare kosmische Nachbarschaft, unsere Heimatgalaxie, die Milchstraße, eine Raumregion, die mit 100 Milliarden Sternen bevölkert ist. Fast eine Stunde lang betrachtete ich staunend das lebhaftes Geschehen.

Dann ging das Licht an, und ich befand mich wieder im Planetarium des Amerikanischen Museums für Naturgeschichte.

Es war nur eine Planetariumsvorführung gewesen, aber das änderte nichts an der Wirkung. An diesem Abend wusste ich, was ich werden wollte, wenn ich erwachsen war. Ich wollte Astrophysiker werden.

Damals konnte ich das Wort kaum richtig aussprechen. Dabei handelt es sich eigentlich um eine ziemlich einfache Sache. Die Astrophysik beschäftigt sich mit Planeten, Sternen und anderen Himmelsobjekten und mit der Frage, was mit ihnen geschieht und wie sie aufeinander einwirken.

Astrophysiker erforschen Schwarze Löcher, die seltsamen Monster, die alles Licht und alle Materie in ihrer Reichweite verschlucken.





Im letzten Jahrhundert haben Astronomen acht explodierende Sterne in dieser Spiralgalaxie entdeckt. Wie passend, dass sie auch Feuerwerksgalaxie genannt wird!

Außerdem suchen sie den Himmel nach Anzeichen für Supernovae ab, die extrem hellen Explosionen sterbender Sterne.

Wir sind neugierige, ungewöhnliche Leute. Für einen Astrophysiker ist ein Jahr der Zeitraum, den unser Planet braucht, um seine jährli-

che Reise um die Sonne zu beenden. Statt also an jedem Geburtstag die Jahre zu feiern, die wir gelebt haben, bejubeln wir die Zahl der Umrundungen oder Umkreisungen der Sonne. Wenn ihr die Geburtstagsfeier eines Astrophysikers besucht, werdet ihr wohl eher hören, wie die Besucher sagen:

*Herzlichen Glückwunsch zu einer weiteren Sonnen-Umkreisung ...*

Die Wissenschaft lässt uns nie los. Im Scherz las mir ein befreundeter Schauspieler einmal aus dem klassischen Kinderbuch *Gute Nacht, lieber Mond* vor. Man braucht keinen Wissenschaftler, um zu erkennen, dass Kühe nicht über den Mond springen können, wie sie es in diesem Buch tun. Aber ein Astrophysiker kann ausrechnen, was sie leisten müssten, um das zu schaffen. Wenn die Kuh den Punkt anvisierte, an dem der Mond sich in drei Tagen befände, hätte sie eine Chance, wenn sie mit einer Geschwindigkeit von rund 40.000 Stundenkilometern springen würde.

Mit neun Jahren wusste ich wenig über Astrophysiker. Ich wollte nur verstehen, was ich während der Planetariumsvorführung gesehen hatte, und herausfinden, ob der wirkliche Kosmos, das Universum als Ganzes, wirklich so fantastisch war. Zunächst betrachtete ich den Himmel vom Dach unseres Mehrfamilienhauses aus. Ein Freund und ich schlichen hinauf und schauten uns mit seinem kleinen Fernglas den Himmel an. Später führte ich die Hunde anderer Leute aus, sodass ich mir ein eigenes Teleskop kaufen konnte. Ich kümmerte mich um große Hunde, um kleine, böartige und freundliche. Um Hunde mit Regenmänteln, Hüten und Schuhen. Mit ihnen allen ging ich Gassi, damit ich die Sterne betrachten konnte.

Im Laufe der Jahre habe ich immer größere Teleskope benutzt und das New Yorker Hausdach gegen südamerikanische Berggipfel ausgetauscht. Aber mein Anliegen blieb immer das gleiche, der Wunsch, den Kosmos zu verstehen und meine Leidenschaft mit so viele Menschen wie möglich zu teilen.

Zu denen gehörst auch du.

Ich erwarte nicht, dass jeder, der dieses Buch liest, augenblicklich den Wunsch verspürt, Astrophysiker zu werden. Aber vielleicht macht es dich neugierig. Vielleicht hast du schon mal zum Nachthimmel emporgeblickt und dich gefragt: Was bedeutet das alles? Was geht da vor? Und was ist mein Platz im Universum? Dann empfehle ich dir weiterzulesen. *Astrophysik, das Universum und der ganze Rest* wird dir die wichtigsten Ideen und Entdeckungen nahebringen, mit denen sich Wissenschaftler das Universum erklären. Wenn mir das gelingt, kannst du deine Eltern beim Abendessen verblüffen, deine Lehrer beeindrucken, und in wolkenlosen Nächten mit einem viel tieferen Verständnis und Staunen zum Himmel emporblicken.

Fangen wir also an. Wir könnten mit den beiden größten Rätseln beginnen – der dunklen Materie und der dunklen Energie –, aber zuerst sollten wir uns der, wie ich finde, größten Gesichte zuwenden, die jemals erzählt wurde.

Der Geschichte des Lebens.



© 2022 des Titels »Astrophysik, das Universum und der ganze Rest« von Neil Tyson (ISBN 978-3-956972-486-9)  
by Finanzbuch-Verlag, ein Imprint der Münchner Verlagsgruppe GmbH, München. Nähere Informationen  
unter: [www.mv-g.de](http://www.mv-g.de)

Ein Blick in den klaren Nachthimmel eröffnet  
dir die Wunder der Sterne, des interstellaren  
Staubs und unserer übervollen Milchstraße.

© 2022 des Titels »Astrophysik, das Universum und der ganze Rest« von Neil Tyson (ISBN 978-3-95972-486-9)  
by Finanzbuch-Verlag, ein Imprint der Münchner Verlagsgruppe GmbH, München, Nähere Informationen  
unter: [www.m-vg.de](http://www.m-vg.de)

# 1.

## Die größte Geschichte, die jemals erzählt wurde



**A**m Anfang, vor fast vierzehn Milliarden Jahren, war das ganze Universum kleiner als der Punkt am Ende dieses Satzes.

Wie viel kleiner? Stell dir vor, der Punkt sei eine Pizza. Jetzt zerteile die Pizza in eine Billion Stücke. Alles, einschließlich der Teile, aus denen dein Körper besteht, die Bäume oder Gebäude vor deinem Fenster, die Socken deiner Freunde, Petunien, deine Schule, die hochragenden Berge und tiefen Ozeane unseres Planeten, das Sonnensystem, die fernen Galaxien – aller Raum, alle Energie und Materie im Kosmos waren in ein so winziges Stück zusammengequetscht.

Und es war heiß.

Es war so heiß, da so viel auf so engem Raum zusammengedrängt war, dass dem Universum nur eines blieb.

Zu expandieren.

Schnell zu expandieren.

Heute nennen wir dieses Ereignis den Urknall: In einem winzigen Sekundenbruchteil (genauer: innerhalb einer zehnmillionstel billionstel billionstel Sekunde) machte das Universum einen ungeheuren Wachstumssprung.

Was wissen wir über diesen ersten Augenblick im Leben unseres Kosmos? Leider nur sehr wenig. Heute haben wir herausgefunden, dass vier Fundamentalkräfte alles – von den Umlaufbahnen der Planeten bis zu den kleinen Teilchen, aus denen unser Körper besteht – unter Kontrolle haben. Doch im ersten Augenblick nach dem Urknall waren alle diese Kräfte zu einer einzigen vereinigt.

Als das Universum sich ausdehnte – »expandierte« –, kühlte es ab.

Am Ende dieses winzigen Zeitabschnitts, der Planck-Ära, wie man diesen Augenblick in der Wissenschaft nach dem deutschen Physiker Max Planck nennt, trennte sich eine Kraft von den anderen. Das war die Gravitation. Sie hält die Sterne und Planeten zusammen, die die Galaxien bilden, sorgt dafür, dass die Erde in ihrer Umlaufbahn um die Sonne bleibt, und hindert Zehnjährige beim Basketball an Korblegern. Unter anderem. Du kannst die Anziehungskraft der Gravitation jederzeit selbst nachweisen: Schließe dieses Buch, halte es ein paar Zentimeter über den nächsten Tisch und lass es los. Das ist Gravitation am Werk.

(Sollte dein Buch nicht herunterfallen, suche bitte den nächsten Astrophysiker auf und melde einen kosmischen Notfall.)

Doch in den allerersten Augenblicken des frühen Universums standen der Gravitation noch keine Planeten oder Bücher oder zehnjährige Basketballspieler zur Verfügung, um ihre Wirkung zu entfalten. Das gelingt der Gravitation am besten bei großen Objekten, aber im Universum war alles unvorstellbar klein.

Das war allerdings nur der Anfang.

Der Kosmos wuchs weiter.

Als nächstes trennten sich die drei anderen fundamentalen Kräfte der Natur voneinander.\* Ihre Hauptaufgabe besteht darin, die winzigen Materieteilchen zu kontrollieren, die den Kosmos füllen.

\* Die vier Kräfte sind Gravitation, starke Kraft, schwache Kraft und Elektromagnetismus. Darauf kommen wir noch zurück.

## Würdest du einen Korbleger auf dem Mars hinkriegen?

Nehmen wir an, du könntest tatsächlich auf den Mars gelangen, was nicht ganz leicht ist, und hättest einen Raumanzug, der dir genügend Bewegungsfreiheit ließe, um zu springen. Die Stärke der Gravitation auf der Oberfläche eines gegebenen Planeten oder Mondes hängt von dessen Masse und Größe ab. Da der Mars im Vergleich zu seiner Größe sehr viel weniger Masse besitzt als die Erde, ist die Gravitation an seiner Oberfläche nur etwas mehr als ein Drittel so stark wie bei uns. Also gibt es eine gewisse Chance, dass du hoch genug springen könntest. Doch solltest du eines Tages tatsächlich auf den Mars gelangen, so hoffe ich, dass du deine Zeit nicht mit Basketball verschwenden würdest. Dort wird es sehr viel interessantere Dinge zu sehen und zu tun geben.

Sobald die vier Kräfte voneinander getrennt waren, hatten wir alles, was wir brauchten, um ein Universum zu bauen.



Seit dem Anfang ist eine billionstel Sekunde vergangen.



Noch immer war das Universum unvorstellbar winzig und heiß und begann erst, sich mit Teilchen zu füllen. Zu diesem Zeitpunkt gab es nur zwei Arten von Teilchen, nämlich Quarks (gesprochen »kworks«) und Leptonen. Quarks sind komische Biester. Man kann nie eines allein erwischen. Immer klammert es sich an andere, die in der Nähe sind. Ich bin sicher, du hast zumindest einen Freund oder Klassenkameraden, der sich ähnlich verhält. Quarks sind wie diese Kinder, die niemals etwas alleine tun wollen, noch nicht mal auf die Toilette gehen.

## Die vielen Namen der Materie

Man hat mich davor gewarnt, in einem Buch für junge Leser allzu viele Fachbegriffe einzuführen. Daher werde ich der Versuchung widerstehen, die verschiedenen Arten von Quarks, die es im Universum gibt, einzeln einzuführen – Up, Down, Strange, Charm und so weiter. Aber ich finde, du solltest über Quarks und Leptonen Bescheid wissen. Aus ihnen setzt sich das ganze sichtbare Universum zusammen. Auch du. Außerdem habe ich festgestellt, dass Kinder überhaupt keine Schwierigkeiten haben, sich die komplizierten Namen verschiedener Dinosaurier zu merken. Gewiss, einige Dinosaurier sind wild und schrecklich und prägen sich deshalb leichter ein. Aber noch einmal, wir sprechen über den Stoff, aus dem das Universum ist! Auch Teilchen sind faszinierend, wenn auch nicht ganz so wild. Ohne sie gäbe es gar keine Dinosaurier.

Die Kraft, die zwei oder mehr Quarks zusammenhält, wird immer stärker, je weiter man sie voneinander trennt – als wären sie durch ein winziges, unsichtbares Gummiband verbunden. Zerrt man sie weit genug auseinander, reißt das Gummiband, und die gespeicherte Energie erzeugt an jedem Ende ein neues Quark, sodass jedes Teil des getrennten Paares einen neuen Freund erhält. Stell dir vor, das würde den unzertrennlichen Kindern an deiner Schule passieren – überall neue Doppelgänger. Deine Lehrer wären ganz schön verloren.

Die Leptonen dagegen sind Einzelgänger. Die Kraft, die Quarks miteinander verbindet, wirkt nicht auf Leptonen, daher bilden sie keine Gruppen. Das bekannteste Lepton ist das Elektron.

Abgesehen von diesen Teilchen enthielt der Kosmos noch eine gewaltige Energiemenge, und die steckte in kleinen wellenartigen Paketen oder Bündeln von Lichtenergie, den sogenannten Photonen.

Und damit wird alles ein wenig sonderbar.

Das Universum war so heiß, dass sich die Photonen ständig in Paare aus Materie- und Antimaterie-Teilchen verwandelten. Diese Teilchen kollidierten dann wieder paarweise miteinander und verwandelten sich dabei in Photonen zurück. Doch aus rätselhaften Gründen kam bei einer von einer Milliarde dieser Umwandlungen ein Materieteilchen ohne seinen Antimateriefreund heraus. Ohne diese einsamen Überlebenden gäbe es im heutigen Universum überhaupt keine Materie. Und das wäre schade. Denn wir bestehen alle aus Materie.

Es gibt uns, und wir wissen, dass der Kosmos im Laufe der Zeit weiterhin expandierte und abkühlte. Schließlich war er größer als unser heutiges Sonnensystem, und die Temperatur fiel rasch ab. Zwar war das Universum immer noch unglaublich heiß, aber das Thermometer war immerhin unter eine Billion Kelvin gefallen.

## Antimaterie

Alle größeren Teilchen im Universum, einschließlich der Quarks und Leptonen, die wir gerade kennengelernt haben, besitzen Zwillinge aus Antimaterie, die ihnen in jeder Hinsicht entgegengesetzt sind. Nehmen wir das Elektron, das bekannteste Mitglied der Teilchenfamilie der Leptonen. Das Elektron hat eine negative elektrische Ladung, aber sein Gegenstück aus Antimaterie weist eine positive Ladung auf. Allerdings sehen wir in unserer Umgebung nicht viel Antimaterie, weil ein Antimaterieteilchen, kaum dass es entstanden ist, seinen Materie-Zwilling sucht, und weil diese Treffen nie ein gutes Ende nehmen. Die Zwillinge vernichten sich gegenseitig und verschwinden in einem Energieblitz. (Siehe in Kapitel 3 die Geschichte von George Gamow über Mr. Tompkins.) Heute erzeugen Forscher Antimaterieteilchen bei gigantischen Experimenten, in denen man Atomkerne mit hohen Geschwindigkeiten zusammenprallen lässt. Wir beobachten sie auch nach energiereichen Kollisionen weit draußen im Welt- raum. Doch am leichtesten ist Antimaterie wahr- scheinlich in Science-Fiction-Geschichten zu finden. Mit ihr werden die Antriebsaggregate der berühm- ten *Enterprise* in den *Star-Trek*-Filmen aus Fernsehen und Kino gespeist. Auch in Comics begegnet man der Antimaterie immer einmal wieder.

## Wie wir Temperaturen messen

Vielleicht hast du das schon gelernt, aber es gibt viele verschiedene Möglichkeiten, um die Temperatur eines Systems zu beschreiben. Hier in den Vereinigten Staaten sprechen wir von Grad Fahrenheit. In Europa und dem größten Teil der übrigen Welt ist es üblich, die Temperatur in Grad Celsius anzugeben. Astrophysiker verwenden Kelvin, eine Temperatur-Skala, auf der null *wirklich* null ist. Kälter als das ist nicht möglich. Daher ist eine Billion Kelvin viel heißer als eine Billion Grad Fahrenheit oder Celsius. Ich habe nichts gegen die anderen Skalen. Im Alltag komme ich gut mit Fahrenheit zurecht. Doch wenn ich über das Universum nachdenke, geht das nur in Kelvin.



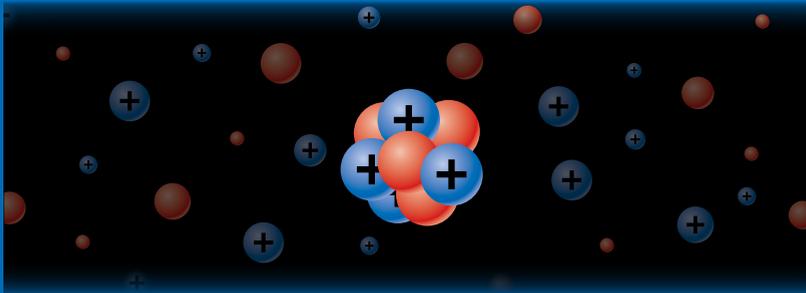
**Seit dem Anfang ist eine millionstel  
Sekunde vergangen.**



Das Universum ist von einem winzigen Bruchteil des Punktes am Ende dieses Satzes zur Größe unseres heutigen Sonnensystems angewachsen. Das sind fast 300 Milliarden Kilometer.

## Ein einfaches Rezept für Materie im Universum

1. Fang mit Quarks und Leptonen an.
2. Quarks zusammenrühren, um Protonen und Neutronen zu bekommen.
3. Verbinde die Protonen, Neutronen und Elektronen (eine negativ geladene Leptonenart) zu deinen ersten Atomen.
4. Mische diese Atome zusammen, sodass Moleküle entstehen.
5. Bringe Moleküle verschiedener Formen und Kombinationen zusammen, sodass Monde, Margeriten und Menschen entstehen.



Eine Billion Kelvin ist viel, sehr viel heißer als die Oberfläche der Sonne. Doch im Vergleich zu den allerersten Augenblicken nach dem Urknall war das schon recht kühl. Dieses lauwarmer Universum war nicht mehr heiß oder bevölkert genug, um Quarks zu erzeugen, daher griffen sie sich jeweils Tanzpartner und bildeten schwerere Teilchen.

Diese Kombinationen aus Quarks führten schon bald zur Entstehung vertrauterer Materieformen wie Protonen und Neutronen.



### Inzwischen ist eine Sekunde seit dem Anfang verstrichen.



Das Universum ist auf einen Durchmesser von einigen Lichtjahren angewachsen – ungefähr die Entfernung von der Sonne zu ihren nächsten Nachbarsternen. Die Temperatur ist auf eine Milliarde Grad gefallen. Das ist immer noch enorm heiß – heiß genug, um die kleinen Elektronen und ihre Gegenstücke, die Positronen, zu erzeugen. Die beiden verschiedenen Teilchen entstehen immer einmal ganz plötzlich, vernichten einander dann wieder und verschwinden. Aber was für andere Teilchen gilt, gilt auch für Elektronen: Am Ende überlebt nur ein Elektron unter einer Milliarde.

Die anderen zerstören sich gegenseitig.

Die Temperatur des Kosmos fällt unter einhundert Millionen Kelvin. Das ist aber immer noch viel heißer als die Oberfläche der Sonne.

Einige der größeren Teilchen beginnen, miteinander zu verschmelzen. So kommen schließlich die grundlegenden Bestandteile der Atome zusammen, aus denen unsere sichtbare Welt besteht – die Sterne und Planeten, die Bäume oder Gebäude vor deinem Fenster, die Socken deiner Freunde, mein Schnurrbart. Protonen verschmelzen mit anderen Protonen und mit Neutronen und bilden so die Atomkerne, die man im Zentrum von jedem Atom findet.