

STEPHEN HAWKING

KURZE ANTWORTEN
AUF GROSSE FRAGEN

Aus dem Englischen von
Susanne Held und Hainer Kober

KLETT-COTTA

Hinweis zur Übersetzung: Das »Vorwort«, die »Einführung«, die Kapitel 7–10 sowie das »Nachwort« hat Susanne Held aus dem Englischen übertragen (S. 9–25 und S. 169–244).
Hainer Kober hat die Einleitung von Stephen Hawking sowie die Kapitel 1–6 (S. 27–168) übersetzt.

Klett-Cotta

www.klett-cotta.de

Die Originalausgabe erschien unter dem Titel »Brief Answers to the Big Questions« im Verlag John Murray, Verlagsgruppe Hachette UK, London

© Spacetime Publications Limited 2018

Für die deutsche Ausgabe

© 2018 by J. G. Cotta'sche Buchhandlung

Nachfolger GmbH, gegr. 1659, Stuttgart

Alle deutschsprachigen Rechte vorbehalten

Printed in Germany

Cover: Rothfos & Gabler, Hamburg

Unter Verwendung eines Fotos von shutterstock

Gesetzt von Dörlemann Satz, Lemförde

Gedruckt und gebunden von GGP Media GmbH, Pößneck

ISBN 978-3-608-96376-2

Zweite Auflage, 2018

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

INHALT

Hinweis des Verlags John Murray, London	7
Vorwort	9
<i>Eddie Redmayne</i>	
Einführung	13
<i>Kip S. Thorne</i>	
Warum wir die großen Fragen stellen müssen . . .	27
1 Gibt es einen Gott?	49
2 Wie hat alles angefangen?	65
3 Gibt es anderes intelligentes Leben im Universum?	91
4 Können wir die Zukunft vorhersagen?	113
5 Was befindet sich in einem Schwarzen Loch?	125
6 Sind Zeitreisen möglich?	149
7 Werden wir auf der Erde überleben?	169

8	Sollten wir den Weltraum besiedeln?	189
9	Wird uns Künstliche Intelligenz überflügeln?	207
10	Wie gestalten wir unsere Zukunft?	223
	Nachwort	239
	<i>Lucy Hawking</i>	

ANHANG

	Danksagung	247
	Bildnachweis	249
	Register	251

HINWEIS DES VERLAGS
JOHN MURRAY, LONDON

Stephen Hawking wurde von Wissenschaftlern, High-tech-Unternehmern, hochrangigen Geschäftsleuten, Politikern und der Öffentlichkeit regelmäßig nach seinen Gedanken zu den »großen Fragen« des Tages gefragt. Stephen unterhielt ein umfangreiches persönliches Archiv mit seinen Antworten in Form von Reden, Interviews, Essays, Entgegnungen und Stellungnahmen zu diesen großen Fragen.

Dieses Buch ist aus diesem persönlichen Archiv hervorgegangen. Es entstand gerade, als Stephen Hawking starb. In Zusammenarbeit mit seinen akademischen Kollegen, seiner Familie und dem *Stephen Hawking Estate* wurde dieses Buch vorbereitet und fertiggestellt.

Ein Teil der Einnahmen für dieses Buch wird gespendet.

WARUM WIR DIE GROSSEN FRAGEN STELLEN MÜSSEN

Schon immer wollten die Menschen die großen Fragen beantworten. Woher kommen wir? Was ist der Sinn und Plan hinter allem? Gibt es jemanden da draußen? Die Schöpfungsgeschichten der Vergangenheit erscheinen heute als wenig brauchbar und glaubhaft. Sie sind durch eine Vielzahl von Erklärungsversuchen ersetzt worden, die – von *New Age* bis *Star Trek* – ins Reich des Aberglaubens gehören. Allerdings kann echte Wissenschaft viel befremdlicher sein als Science-Fiction – und sehr viel befriedigender.

Ich bin Naturwissenschaftler und als solcher zutiefst von Physik, Kosmologie, dem Universum und der Zukunft der Menschheit fasziniert. Von meinen Eltern bin ich dazu erzogen worden, meiner grenzenlosen Neugier zu folgen und, wie mein Vater, zu forschen und nach Antworten auf die vielen Fragen zu suchen, die die Wissenschaft uns aufgibt. Mein Leben habe ich damit verbracht, in meinem Denken kreuz und quer durch das Universum zu reisen. Dabei habe ich versucht, mithilfe der Theoretischen Physik einige der fundamentalen Fragen zu beantworten. Einst dachte ich sogar, das Ende

der Physik absehen und erkennen zu können – heute hingegen denke ich, dass das Wunder des Entdeckens noch lange nach meinem Tod fort dauern wird. Wir stehen zwar kurz vor einigen dieser Antworten, besitzen sie aber noch nicht.

Bedauerlicherweise glauben die meisten Menschen, echte Wissenschaft sei zu schwierig und zu kompliziert für sie. Das sehe ich ganz anders. Die fundamentalen Gesetze zu erforschen, die das Universum regieren, würde mehr Zeit erfordern, als die meisten Menschen haben. Unsere Welt käme rasch zum Stillstand, wenn wir alle versuchten, uns mit Theoretischer Physik zu beschäftigen. Aber die meisten Menschen können die grundlegenden Ideen verstehen und einordnen, wenn sie ihnen klar und ohne Gleichungen dargelegt werden, was nach meiner Überzeugung möglich ist und was ich mein Leben lang mit großer Freude versucht habe.

Es war eine wunderbare Zeit, zu leben und in der Theoretischen Physik zu forschen. In den vergangenen 50 Jahren hat sich unser Bild vom Universum erheblich verändert, und *ich bin glücklich, wenn ich dazu einen Beitrag geleistet habe*. Eine der großen Offenbarungen des Weltraumzeitalters bestand darin, dass es der Menschheit die Sicht auf sich selbst ermöglichte. Betrachten wir die Erde vom All aus, sehen wir uns selbst als Ganzes. Wir nehmen die Einheit wahr und nicht das Trennende. Ein einfaches Bild mit einer unwiderlegbaren Botschaft: *ein Planet, eine Menschheit*.

Ich möchte mich all denen anschließen, die unmittelbares Handeln bei entscheidenden Herausforderungen

unserer globalen Gemeinschaft einfordern. Ich hoffe, dass sich, wenn ich gegangen bin, Menschen mit Einfluss und Macht finden, die Kreativität, Mut und Führungsqualitäten besitzen. Mögen sie die Kraft haben, die Ziele der nachhaltigen Entwicklung zu erreichen, und nicht aus Eigennutz handeln, sondern im Interesse des Gemeinwohls. Ich weiß nur zu gut, wie kostbar die Zeit ist. Nutzt den Augenblick! Handelt jetzt!

Über mein Leben habe ich bereits geschrieben, und einige meiner früheren Erfahrungen sind es, so hoffe ich, wert, erneut aufgegriffen zu werden, besonders wie mich zeit meines Lebens die großen Fragen fasziniert haben.

Auf den Tag genau 300 Jahre nach Galileo Galileis Tod wurde ich geboren, und allzu gern würde ich mir einbilden, dieser Zufall sei nicht ohne Einfluss auf mein späteres wissenschaftliches Leben gewesen. Doch ich schätze, rund 200000 Kinder wurden am selben Tag geboren, und ich habe keine Ahnung, ob sich eines von ihnen später für Astronomie interessierte.

Aufgewachsen bin ich in einem hohen, schmalen Haus im Londoner Stadtteil Highgate, das meine Eltern während des Zweiten Weltkriegs günstig erstanden hatten, als alle glaubten, London würde unter dem Bombenhagel dem Erdboden gleichgemacht. Tatsächlich schlug eine V2-Rakete nur wenige Häuser entfernt ein. Zu diesem Zeitpunkt war ich mit meiner Mutter und

meiner Schwester unterwegs; mein Vater blieb glücklicherweise unverletzt. Noch jahrelang gab es ein Stück weiter in unserer Straße einen großen Bombenkrater, in dem ich oft mit meinem Freund Howard spielte. Wir untersuchten die Folgen der Explosion mit derselben Neugier, die mich mein ganzes Leben lang antrieb. 1950 wurde der Arbeitsplatz meines Vaters an den nördlichen Stadtrand von London verlegt, in das neu erbaute *National Institute for Medical Research* in Mill Hill, daher zog meine Familie in die nahegelegene Domstadt Saint Albans. Man schickte mich auf die *High School for Girls*, die ungeachtet ihres Namens Jungen bis zum Alter von zehn Jahren duldeten. Später ging ich auf die *St Albans School*. Ich bin über einen mittleren Platz in der Klasse nicht hinausgekommen – es war eine sehr intelligente Klasse –, meine Klassenkameraden aber gaben mir den Spitznamen »Einstein«, sahen also offenbar irgendwie Anlass zur Hoffnung. Als ich zwölf war, wettete einer meiner Freunde um eine Tüte Bonbons, dass aus mir nie etwas werden würde.

Ich hatte sechs oder sieben gute Freunde in St Albans. Ich weiß noch, dass wir lange Diskussionen und Streitgespräche über Gott und die Welt führten – von funkgesteuerten Modellen bis zur Religion. Unter anderem ging es dabei auch um den Ursprung des Universums und um die Frage, ob ein Gott notwendig gewesen sei, um das Universum zu erschaffen und in Gang zu setzen. Ich hatte gehört, dass das Licht ferner Galaxien zum roten Ende des Spektrums verschoben wird und dass man daraus schloss, das Universum expandiere. Aber ich war

mir sicher, es müsse einen anderen Grund für die Rotverschiebung geben. Vielleicht wurde das Licht auf seinem Weg zu uns müde und röter. Ein Universum, das im Wesentlichen unveränderlich und von ewiger Dauer war, erschien mir als sehr viel wahrscheinlicher. (Erst Jahre später, nach der Entdeckung der kosmischen Hintergrundstrahlung – damals arbeitete ich schon seit zwei Jahren an meiner Promotion –, wurde mir klar, dass ich mich geirrt hatte.)

Stets hat mich außerordentlich fasziniert, wie Geräte funktionieren, deshalb nahm ich sie oft auseinander, hatte aber größte Schwierigkeiten, sie wieder zusammzusetzen. Meine praktischen Fähigkeiten sind immer hinter meinen theoretischen Begabungen zurückgeblieben. Mein Vater bestärkte mich in meinen naturwissenschaftlichen Interessen und legte großen Wert darauf, dass ich in Oxford oder Cambridge studierte. Er selbst hatte am *University College* in Oxford studiert, wollte also gern, dass ich mich dort bewarb. Damals lehrte am *University College* niemand Mathematik, daher hatte ich kaum eine andere Möglichkeit, als mich um ein Stipendium in Naturwissenschaften zu bewerben. Als ich es bekam, war ich völlig überrascht.

Zu meiner Zeit war es in Oxford verpönt, fleißig zu sein. Man war brillant, ohne zu arbeiten, oder man gab sich mit seinen Grenzen und einem mehr als bescheidenen Examen zufrieden. Für mich war das ein willkommener Vorwand, ganz wenig zu arbeiten. Ich bin nicht stolz darauf, sondern versuche nur, meine Einstellung

zu beschreiben, die von den meisten meiner Kommilitonen geteilt wurde.

Eine Folge meiner Krankheit war, dass sich das alles änderte. Wenn Sie mit einem frühen Tod rechnen müssen, wird Ihnen klar, dass Sie noch viele Dinge tun möchten, bevor Ihr Leben vorbei ist.

Da ich nicht viel gearbeitet hatte, beabsichtigte ich, in meiner Abschlussprüfung nach Möglichkeit alle Fragen zu vermeiden, die Faktenwissen verlangten, und mich stattdessen auf Probleme der Theoretischen Physik zu konzentrieren. Aber in der Nacht vor dem Examen fand ich keinen Schlaf und schnitt daher nicht besonders gut ab. Da man sich nicht entscheiden konnte, ob es eine Eins oder eine Zwei war, musste ich mich einer mündlichen Prüfung unterziehen, die über meine Note entscheiden sollte. In der Prüfung wurde ich nach meinen Plänen gefragt. Ich erwiderte, ich beabsichtige, in der Forschung zu arbeiten. Wenn ich eine Eins erhielte, ginge ich nach Cambridge, bei einer Zwei bliebe ich in Oxford. Ich bekam eine Eins.

Nach dem Abschlussexamen konnte man sich am College um eine Reihe kleiner Reisestipendien bewerben. Da ich glaubte, umso bessere Chancen zu haben, je weiter das Reiseziel entfernt war, entschied ich mich für den Iran. Im Sommer 1962 fuhr ich mit dem Zug nach Istanbul, dann nach Erzurum in der Osttürkei, von dort nach Täbris, Teheran, Isfahan, Schiraz und Persepolis, die Hauptstadt der antiken persischen Könige. Auf der Rückreise wurden mein Reisegefährte Richard Chiin und ich in Buinzahra von einem Erdbeben der

Stärke 7,1 überrascht, das 12000 Todesopfer forderte. Augenscheinlich war ich nicht weit vom Epizentrum entfernt, wusste das aber nicht, weil ich zu diesem Zeitpunkt krank in einem Bus saß, der über die iranischen Straßen holperte, und fürchterlich durchgerüttelt wurde.

Wir verbrachten mehrere Tage in Täbris, wo ich mich von einer schweren Ruhr und einer gebrochenen Rippe erholte, die ich mir zugezogen hatte, als ich im Bus gegen den Vordersitz geschleudert worden war. Noch immer wussten wir nichts von der Katastrophe, weil wir kein Farsi sprachen. Erst in Istanbul erfuhren wir, was geschehen war. Ich schickte eine Postkarte an meine Eltern, die seit zehn Tagen ängstlich auf eine Nachricht warteten, denn zuletzt hatten sie gehört, dass ich Teheran am Tage des Erdbebens in Richtung des Katastrophengebiets verlassen hatte. Trotz des Erdbebens habe ich viele schöne Erinnerungen an meine Zeit im Iran. Es heißt, wer zu neugierig auf die Welt ist, kann sich in Gefahr bringen – auf mich traf es wahrscheinlich nur dieses eine Mal in meinem Leben zu.

Als ich im Oktober 1962 in Cambridge am Fachbereich für Angewandte Mathematik und Theoretische Physik meine Arbeit aufnahm, war ich 20. Ich wollte bei Fred Hoyle studieren, dem bekanntesten britischen Astronomen seiner Zeit. Ich sage Astronom, weil die Kosmologie damals noch kaum als eigene Disziplin anerkannt wurde. Doch Hoyle hatte bereits genügend Studenten, daher wurde ich zu meiner großen Enttäuschung Dennis Sciama zugewiesen, von dem ich noch nie gehört hatte.

Doch es war gut so, denn als Student von Hoyle wäre ich gezwungen gewesen, seine Steady-State-Theorie zu verteidigen, eine Aufgabe, die schwerer gewesen wäre, als den Brexit zu verhandeln. So begann ich meine Arbeit mit der Lektüre alter Lehrbücher über die Allgemeine Relativitätstheorie – und sah mich, wie immer, mit den größten Fragen konfrontiert.

Wie einige von Ihnen vielleicht in dem Film gesehen haben, in dem Eddie Redmayne eine außerordentlich gutaussehende Version meiner selbst spielt, bemerkte ich in meinem dritten Jahr in Oxford, dass ich unbeholfener wurde. Ohne ersichtlichen Grund fiel ich zwei oder drei Mal zu Boden. Offensichtlich stimmte irgendetwas nicht. Ein mürrischer Arzt riet mir, die Finger vom Bier zu lassen.

Als ich im Winter nach Cambridge kam, war es sehr kalt. Während der Weihnachtsferien, die ich zu Hause verbrachte, konnte meine Mutter mich dazu überreden, auf dem See in Saint Albans Schlittschuh zu laufen, obwohl ich wusste, dass ich dem nicht gewachsen war. Ich stürzte und hatte große Mühe, wieder aufzustehen. Da erkannte meine Mutter, dass etwas nicht in Ordnung war, und ging mit mir zum Arzt.

Wochenlang blieb ich im St Bartholomew's Krankenhaus und wurde einer Menge Tests unterzogen. 1962 waren diese Untersuchungen noch etwas primitiver als heute. Man entnahm meinem Arm eine Muskelprobe, befestigte Elektroden an meinem Körper und injizierte ein Kontrastmittel in mein Rückgrat, das die Ärzte unter dem Röntgenapparat auf seinem Weg nach oben und

nach unten beobachteten, während mein Bett gekippt wurde. Was mir tatsächlich fehlte, sagten sie mir nicht, aber ich erriet genug, um zu erkennen, dass es ziemlich schlecht um mich stand, daher verspürte ich auch nicht den Wunsch, genauer nachzufragen. Aus den Gesprächen der Ärzte entnahm ich nur so viel, dass »es«, was immer es war, nur schlimmer werden konnte und dass sich nichts dagegen tun ließ, außer mir Vitamine zu verabreichen. Der Arzt, der die Tests durchführte, ließ mich wie eine heiße Kartoffel fallen; ich sah ihn nie wieder. Seiner Meinung nach war ich ein hoffnungsloser Fall.

Irgendwann muss man mir die Diagnose Amyotrophe Lateralsklerose (ALS) mitgeteilt haben, eine Krankheit, bei der die Nervenzellen des Gehirns und des Rückenmarks zuerst verkümmern und dann vernarben oder sich verhärteten. Außerdem erfuhr ich, dass Menschen mit dieser Erkrankung allmählich die Fähigkeit verlieren, ihre Bewegungen zu steuern, zu sprechen, zu essen und schließlich zu atmen.

Meine Krankheit schien rasch voranzuschreiten. Verständlicherweise deprimierte mich das. Ich sah keinen Sinn mehr darin, meine Promotionsforschung fortzusetzen, da ich nicht wusste, ob ich lange genug leben würde, um sie zu beenden. Doch dann verlangsamte sich der Krankheitsverlauf, und ich wandte mich wieder begeistert meiner Arbeit zu. Jetzt wurde jeder neue Tag zum Geschenk, nachdem meine Erwartungen auf null gesunken waren. Ich begann, mich über alles zu freuen, was ich hatte. *Wo Leben ist, da ist auch Hoffnung.*

Und natürlich gab es da noch diese junge Frau na-

mens Jane, die ich auf einer Party kennengelernt hatte. Sie war fest davon überzeugt, dass wir gemeinsam gegen meine Krankheit kämpfen könnten. Ihre Zuversicht gab mir Hoffnung. Als wir uns verlobten, hob sich meine Stimmung, und mir wurde klar, dass ich mir eine Stellung besorgen und meine Promotion abschließen musste, wenn wir heiraten wollten. Wie immer blieben die großen Fragen mein Ansporn. Ich begann zielstrebig zu arbeiten und hatte Freude daran.

Um während des Studiums für meinen Lebensunterhalt zu sorgen, bewarb ich mich um ein Forschungsstipendium am Gonville & Caius College in Cambridge. Zu meiner großen Überraschung entschied man sich für mich, und seither bin ich ein Caius-Fellow. Dieses Stipendium wurde zu einem Wendepunkt in meinem Leben: Ich konnte meine Forschung trotz meiner wachsenden Behinderung fortsetzen. Darüber hinaus ermöglichte das Stipendium Jane und mir im Juli 1965 zu heiraten. Unser erstes Kind, Robert, wurde geboren, als wir zwei Jahre verheiratet waren. Unser zweites Kind, Lucy, kam drei Jahre später zur Welt. 1979 bekamen wir unser drittes Kind, Timothy.

Als Vater versuchte ich immer, deutlich zu machen, wie wichtig es ist, alle Fragen zu äußern, die man hat. Mein Sohn Tim erzählte einst in einem Interview, er habe einmal eine Frage gestellt, die ihm damals wohl ein wenig dumm vorkam. Er wollte wissen, ob es viele winzige, weitverstreute Universen gebe. Ich hätte ihm geantwortet, er solle nie Angst haben, einen Gedanken oder eine Hypothese anderen mitzuteilen oder überhaupt zu

äußern, ganz gleich, wie *beknackt* – Timothys Formulierung, nicht meine – sie erscheine.

* * *

Anfang der 1960er Jahre lautete die große Frage in der Kosmologie: *Hat das Universum einen Anfang?* Viele Wissenschaftler lehnten den Gedanken instinktiv ab, weil sie glaubten, ein Moment der Schöpfung sei ein Punkt, über den die Wissenschaft nichts mehr aussagen könne. Man müsse sich an die Religion und die Hand Gottes halten, um zu bestimmen, wie das Universum begonnen haben könnte. Zweifellos war das eine Frage von fundamentaler Bedeutung und damit genau das, was ich brauchte, um meine Dissertation zu beenden.

Roger Penrose hatte gezeigt, dass, sobald ein sterbender Stern sich bis zu einem bestimmten Radius zusammenziehe, er dann unvermeidlich zu einer Singularität kollabieren müsse, das heißt zu einem Punkt werde, an dem Raum und Zeit endeten. Wir wussten also: Nichts kann einen massereichen kalten Stern daran hindern, unter seiner eigenen Gravitation zusammenzustürzen, bis er eine Singularität von unendlicher Dichte erreicht. Mir wurde klar: Ähnliche Argumente müssten sich auf die Expansion des Universums anwenden lassen. In diesem Fall würde ich beweisen können, dass es Singularitäten gab, an denen die Raumzeit einen Anfang hatte.

Den entscheidenden Einfall hatte ich 1970, einige Tage nach der Geburt meiner Tochter Lucy. Als ich eines Abends zu Bett ging – ein Vorgang, der infolge meiner

Behinderung sehr langsam vonstattengeht –, erkannte ich, dass die Strukturtheorie, die ich für die Singularitätstheoreme entwickelt hatte, sich auf Schwarze Löcher anwenden ließ. Wenn die Allgemeine Relativitätstheorie richtig und die Energiedichte positiv ist, nimmt die Oberfläche des Ereignishorizonts – der Grenze eines Schwarzen Loches – stets zu, wenn zusätzliche Materie oder Strahlung hineinfällt. Wenn ferner zwei Schwarze Löcher zusammenstoßen und zu einem einzigen Schwarzen Loch verschmelzen, ist die Fläche des Ereignishorizonts um das resultierende Schwarze Loch größer als die Summe der Flächen der Ereignishorizonte um die ursprünglichen Schwarzen Löcher.

Es war ein Goldenes Zeitalter, in dem wir die meisten wichtigen Probleme in der Theorie Schwarzer Löcher lösten, bevor es noch irgendwelche empirischen Anhaltspunkte für Schwarze Löcher gab. Tatsächlich waren wir so erfolgreich mit der klassischen Allgemeinen Relativitätstheorie, dass ich mich 1973 nach der Veröffentlichung des Buchs *The Large Scale Structure of Space-Time*, das ich zusammen mit George Ellis verfasst hatte, beinahe beschäftigungslos fühlte.

Roger Penrose und ich hatten gezeigt, dass die Allgemeine Relativitätstheorie bei Singularitäten nicht mehr gilt. Daher lag es nahe, als Nächstes die Allgemeine Relativitätstheorie – die Theorie der sehr großen Dinge – mit der Quantentheorie – der Theorie der sehr kleinen Dinge – zu verbinden. Vor allem fragte ich mich, ob es Atome geben könnte, deren Kern ein Schwarzes Loch bildet, das im ganz frühen Universum entstanden ist.

Meine Untersuchungen offenbarten einen tiefen und unerwarteten Zusammenhang zwischen Gravitation und Thermodynamik, der Wärmelehre, und lösten damit ein Paradox, über das seit 30 Jahren ohne großen Erfolg gestritten worden war: Wie kann die Strahlung, die von einem schrumpfenden Schwarzen Loch übrigbleibt, alle Informationen über das enthalten, was das Schwarze Loch ausmacht? Ich entdeckte, dass die Informationen nicht verloren sind, aber auch nicht in nützlicher Form zurückgegeben werden – so, als würde man eine Enzyklopädie verbrennen und behielte als ›Information‹ nur den Rauch und die Asche.

Um dieses Problem zu lösen, untersuchte ich, wie Quantenfelder oder Teilchen von einem Schwarzen Loch gestreut werden. Ich erwartete, dass ein Teil einer Welle absorbiert und der Rest gestreut würde. Doch zu meiner großen Überraschung stellte ich fest, dass eine Emission vom Schwarzen Loch selbst auszugehen schien. Zunächst vermutete ich, mir sei ein Berechnungsfehler unterlaufen. Schließlich überzeugte ich mich doch davon, dass das Ergebnis richtig sei, weil die Emission genau dem entsprach, was erforderlich war, um die Fläche des Horizonts mit der Entropie eines Schwarzen Loches gleichzusetzen. Diese Entropie, ein Maß für die Störung oder Unordnung eines Systems, ist in einer einfachen Formel

$$S = \frac{Akc^3}{4G\hbar}$$

zusammengefasst, die die Entropie (S) durch die Fläche des Horizonts (A) und die drei fundamentalen Naturkonstanten ausdrückt:

- S = Entropie des Schwarzen Loches
- A = Oberfläche des Ereignishorizonts
- c = Lichtgeschwindigkeit
- k = Boltzmann-Konstante
- G = Newtonsche Gravitationskonstante
- \hbar = Plancksches Wirkungsquantum
(dividiert durch 2π)

Die Emission dieser Wärmestrahlung aus einem Schwarzen Loch wird als *Hawking-Strahlung* bezeichnet, und ich bin stolz darauf, sie entdeckt zu haben. Doch davon später mehr.

1974 wurde ich zum Mitglied der Royal Society gewählt. Von dieser Wahl zeigten sich die Mitglieder meines Fachbereichs überrascht, weil ich jung und nur ein einfacher Forschungsassistent war. Drei Jahre später wurde ich bereits zum Professor berufen. Meine Arbeit über Schwarze Löcher hatte in mir die Hoffnung geweckt, wir könnten eine *Theorie von Allem* entdecken, und die Suche nach einer Antwort trieb mich an.

Im selben Jahr lud mein Freund Kip S. Thorne mich und meine junge Familie sowie einige Kollegen, die über die Allgemeine Relativitätstheorie arbeiteten, an das *California Institute of Technology (Caltech)* ein. In den vier Jahren zuvor hatte ich einen handbetriebenen Rollstuhl und ein blaues dreirädriges Elektroauto ver-

wendet, das die Geschwindigkeit eines langsamen Radfahrers erreichte und in dem ich manchmal verbotenerweise Beifahrer mitnahm. In Kalifornien wohnten wir unweit des Campus in einem Haus, das im Kolonialstil erbaut war, und dort nutzte ich zum ersten Mal einen elektrischen Rollstuhl. Er verschaffte mir ein beträchtliches Maß an Unabhängigkeit, besonders da in den Vereinigten Staaten Gebäude und Bürgersteige weit behindertengerechter angelegt sind als in Großbritannien.

Als wir 1975 vom Caltech zurückkehrten, fühlte ich mich zunächst ziemlich niedergeschlagen. Im Vergleich zu der Alles-ist-möglich-Haltung in Amerika schien mir hier alles entsetzlich eng und beschränkt zu sein. Die Landschaft draußen war damals infolge des Ulmensterbens mit toten Bäumen übersät, und überall wimmelte es von Liegedreirädern. Meine Stimmung besserte sich, als ich wahrnahm, dass meine Arbeit Erfolg hatte und ich 1979 auf den Lucasischen Lehrstuhl für Mathematik berufen wurde, jenen Lehrstuhl, den vor mir Sir Isaac Newton und Paul Dirac innegehabt hatten.

In den 1970er Jahren hatte ich vor allem über Schwarze Löcher gearbeitet, doch mein Interesse an der Kosmologie wurde erneut geweckt, als eine Theorie vorgeschlagen wurde, nach der das frühe Universum eine Periode rascher inflationärer Expansion durchlaufen hatte, in deren Verlauf seine Größe immer schneller zunahm, etwa so wie die Preise seit dem Brexit. Außerdem untersuchte ich mit Jim Hartle eine Zeit lang die Hypothese, dass das Universum vor dem Urknall gar »grenzenlos« gewesen sei.

Anfang der 1980er Jahre verschlechterte sich mein Gesundheitszustand. Ich litt unter längeren Hustenanfällen, mein Kehlkopf war geschwächt und ließ Nahrung in die Lungen gelangen, während ich aß. 1985, als ich das *CERN*, die *Europäische Organisation für Kernforschung*, in der Schweiz besuchte, bekam ich eine Lungenentzündung. Dieses Ereignis veränderte mein Leben von Grund auf.

Mit Blaulicht brachte man mich in das Kantonsspital in Luzern und schloss mich an ein Beatmungsgerät an. Die Ärzte teilten Jane mit, meine Krankheit sei nun so weit fortgeschritten, dass man nichts mehr für mich tun könne und es am besten sei, die Geräte abzuschalten und mein Leben zu beenden. Doch Jane weigerte sich und ließ mich mit einem Flugzeug ins Addenbrooke's Hospital in Cambridge transportieren.

Das war eine ungeheuer schwere Zeit für mich, wie Sie sich bestimmt vorstellen können, doch taten die Ärzte des Krankenhauses dankenswerterweise alles, um mir wieder in den Zustand vor meiner Reise in die Schweiz zu verhelfen. Da mein Kehlkopf noch immer Nahrung und Speichel in meine Lungen gelangen ließ, mussten die Ärzte jedoch einen Luftröhrenschnitt (Tracheostomie) vornehmen. Wie sicherlich die meisten von Ihnen wissen, kann ein Patient nach einem Luftröhrenschnitt nicht mehr sprechen.

Die Stimme ist äußerst wichtig. Ist die Stimme stockend und schleppend, wie es meine war, hält man einen Menschen für geistig beeinträchtigt und behandelt ihn entsprechend.

Vor der Tracheostomie war meine Sprechweise so undeutlich, dass mich nur Menschen, die mich gut kannten, verstehen konnten. Sogar meine Kinder hatten Schwierigkeiten, mich zu verstehen, aber zumindest konnte ich mich verständigen. Nach der Tracheostomie bestand meine einzige Kommunikationsmöglichkeit darin, die Wörter zu buchstabieren, einen Buchstaben nach dem anderen, indem ich die Augenbrauen hochzog, wenn jemand auf den richtigen Buchstaben einer Buchstabierkarte zeigte.

Glücklicherweise hörte in Kalifornien ein Computerexperte namens Walt Woltoz von meinen Schwierigkeiten. Er ließ mir das Computerprogramm Equalizer zukommen, das er geschrieben hatte. Mithilfe dieses Programms konnte ich, indem ich einen Schalter in meiner Hand betätigte, ganze Wörter aus einer Reihe von Menüs auswählen, die auf dem Bildschirm eines Computers auftauchten, der auf meinem Rollstuhl montiert war. Dieses System wurde im Laufe der Jahre immer weiter entwickelt. Heute verwende ich das Programm Acat von Intel, das ich über einen kleinen Sensor in meiner Brille mittels meiner Wangenbewegungen steuere. Es verfügt über ein Handy, das mir den Zugriff aufs Internet ermöglicht. Ich darf wohl von mir behaupten, dass ich der bestvernetzte Mensch der Welt bin. Meinen ursprünglichen Sprachsynthesizer habe ich behalten, zum Teil, weil ich nie einen mit einer besseren Ausdrucksweise gehört habe, und zum Teil, weil ich mich heute mit dieser Stimme trotz ihres amerikanischen Akzents identifiziere.

Der Gedanke, ein populärwissenschaftliches Buch über das Universum zu schreiben, kam mir erstmals 1982, als ich an meiner *Keine-Grenzen-Theorie* arbeitete. Damit ließe sich, so hoffte ich, vielleicht eine bescheidene Summe verdienen, die zum Schulgeld meiner Kinder und zu den steigenden Kosten meiner Pflege beitragen könnte, aber der Hauptgrund war ein anderer: Ich wollte erklären, wie weit wir schon in unserem Verständnis des Universums gediehen waren, wie dicht wir möglicherweise vor einer vollständigen Theorie standen, die das Universum und alles, was es enthielt, beschreiben würde. Ich fand es nämlich nicht nur wichtig, Fragen zu stellen und sie zu beantworten. Als Wissenschaftler fühlte ich mich auch verpflichtet, der Welt mitzuteilen, was wir in Erfahrung gebracht hatten.

Passenderweise wurde *Eine kurze Geschichte der Zeit* am 1. April 1988 veröffentlicht. Tatsächlich sollte der Titel ursprünglich lauten: *From the Big Bang to Black Holes, a Short History of Time* («Vom Urknall zu Schwarzen Löchern, eine kurze Geschichte der Zeit»). Der Titel wurde gestrafft und *short* in *brief* verwandelt. Der Rest ist Geschichte.

Niemals hatte ich damit gerechnet, dass *Eine kurze Geschichte der Zeit* so erfolgreich sein würde. Zweifellos hat der menschliche Teil der Geschichte, also die Tatsache, dass ich es trotz meiner Behinderung zum theoretischen Physiker und Bestsellerautor gebracht hatte, zum Erfolg beigetragen. Nicht alle Leser werden das Buch beendet oder alles verstanden haben, was sie gelesen haben, aber sie haben sich zumindest mit einer

der größten Fragen unserer Existenz auseinandergesetzt und begriffen, dass wir in einem Universum leben, das von rationalen Gesetzen bestimmt wird – Gesetzen, die wir mithilfe der Naturwissenschaft entdecken und verstehen können.

Für meine Kollegen bin ich ein Physiker wie jeder andere, aber für das breite Publikum vermutlich der bekannteste Wissenschaftler der Welt. Teilweise liegt es daran, dass Naturwissenschaftler, von Einstein abgesehen, keine berühmten Rockstars sind, und teilweise daran, dass ich dem Klischee des behinderten Genies entspreche. Mit Perücke und Sonnenbrille kann ich mich nicht verkleiden – der Rollstuhl verrät mich. Bekannt und leicht erkennbar zu sein, hat seine Vor- und Nachteile – aber die Nachteile werden durch die Vorteile mehr als aufgewogen: Die Menschen scheinen sich aufrichtig zu freuen, mich zu sehen. Nie hatte ich so viele Zuhörer wie 2012 bei meiner Eröffnungsrede zu den Paralympics in London.

* * *

Ich habe auf diesem Planeten ein außerordentliches Leben geführt, während ich gleichzeitig mithilfe meines Verstandes und der physikalischen Gesetze durch das Universum gereist bin. Dabei durcheilte ich die fernsten Regionen unserer Galaxie, tauchte in Schwarze Löcher ein und ging zurück bis zum Anfang der Zeit. Auf der Erde habe ich Hochs und Tiefs, Unruhe und Frieden, Erfolg und Leiden erlebt, war reich und arm, gesund an

allen Gliedern und behindert, wurde gefeiert und kritisiert, aber niemals ignoriert. Durch meine Arbeit hatte ich das außerordentliche Privileg, zu unserem Verständnis des Universums beitragen zu können. Doch es wäre ein wahrhaft leeres Universum ohne die Menschen, die ich liebe und die mich lieben. Ohne sie würden mir die Wunder des Kosmos nicht das Geringste bedeuten.

Im Grunde sind wir Menschen selbst nur Ansammlungen fundamentaler Teilchen der Natur. Umso größer ist der Triumph, dass wir fähig waren, die Gesetze zu verstehen, die uns und das Universum bestimmen. Ich möchte mit allen Menschen meine Begeisterung für diese großen Fragen und meinen Enthusiasmus für dieses Streben nach den großen Fragen teilen.

Eines Tages werden wir, so hoffe ich, die Antworten auf alle diese Fragen finden. Aber es gibt auf dem Planeten noch andere Herausforderungen, andere große Probleme, die beantwortet werden müssen. Dafür brauchen wir eine junge Generation, die interessiert, engagiert und wissenschaftlich gebildet ist. Wie werden wir eine ständig wachsende Weltbevölkerung ernähren? Für sauberes Wasser sorgen, erneuerbare Energie erzeugen, Krankheiten verhindern und heilen sowie die globale Klimaerwärmung drosseln? Wissenschaft und Technik werden, so meine Hoffnung, Antworten auf diese Fragen liefern, aber es werden kenntnisreiche und verständnisvolle Menschen erforderlich sein, um diese Lösungen verwirklichen zu können.

Lasst uns darum kämpfen, dass jede Frau und jeder Mann die Chance bekommt, ein gesundes und siche-

res Leben voller Chancen und Liebe zu führen. Wir alle sind Zeitreisende, die gemeinsam auf dem Weg in die Zukunft sind. Lasst uns also gemeinsam daran arbeiten, aus dieser Zukunft einen Ort zu machen, den wir gerne besuchen.

Seid tapfer, neugierig, entschlossen und überwindet alle Widrigkeiten! Wir können es schaffen!

*Was für einen Traum hatten Sie als Kind?
Ist er in Erfüllung gegangen?*

Ich wollte ein großer Wissenschaftler werden. Doch ich war kein besonders guter Schüler und kam kaum jemals über das Mittelfeld meiner Klasse hinaus. Meine Arbeiten waren unordentlich, meine Handschrift unlesbar. Aber ich hatte gute Freunde in der Schule. Wir diskutierten über alles Mögliche und besonders über den Ursprung des Universums. Da begann mein Traum, und ich bin sehr glücklich, dass er in Erfüllung gegangen ist.

1

GIBT ES EINEN GOTT?

Immer öfter beantwortet die Naturwissenschaft Fragen, die einst in die Zuständigkeit der Religion fielen. Die Religion war ein früher Versuch, Antworten auf die Fragen zu finden, die wir alle stellen: Warum sind wir hier, woher kommen wir? Vor langer Zeit lautete die fast immer gleiche Antwort: Die Götter haben alles geschaffen. Die Welt war ein furchteinflößender Ort, daher glaubten selbst so hartgesottene Kerle wie die Wikinger an übernatürliche Wesen, um sich Naturerscheinungen wie Gewitter, Stürme oder Sonnen- und Mondfinsternisse zu erklären. Heute liefert die Naturwissenschaft bessere und schlüssigere Antworten, aber es wird immer Menschen geben, die sich an die Religion klammern, weil sie Trost spendet und weil sie der Wissenschaft nicht trauen oder sie nicht verstehen.

Vor einigen Jahren titelte die *Times* auf ihrer ersten Seite: »Hawking: ›Gott hat das Universum nicht erschaffen.« Der Artikel war illustriert und zeigte einen grollenden Gott auf einer Zeichnung von Michelangelo. Von mir druckten sie ein Foto ab, auf dem ich ziemlich

selbstgefällig dreinsah. Die Bilder waren so angeordnet, dass es aussah, als würden Gott und ich ein Duell austragen. Dabei habe ich gar nichts gegen Gott. Auf keinen Fall möchte ich den Eindruck erwecken, in meiner Arbeit gehe es darum, die Existenz Gottes zu beweisen oder zu widerlegen. Meine Forschung hat zum Ziel, ein rationales Bezugssystem zu finden, um das Universum, das uns umgibt, zu verstehen.

Jahrhundertlang glaubte man, behinderten Menschen wie mir sei von Gott ein Fluch auferlegt worden. Nun, ich halte es durchaus für möglich, dass ich irgendjemanden dort oben erzürnt habe, aber ich ziehe es doch vor zu denken, dass alles auch ganz anders erklärt werden kann, nämlich durch die Naturgesetze. Wenn Sie, wie ich, an die Wissenschaft glauben, gehen Sie auch davon aus, dass es bestimmte Gesetze gibt, die unter allen Umständen gelten. Wenn Sie möchten, können Sie sagen, die Gesetze seien ein Werk Gottes, aber dann handelt es sich eher um eine Definition Gottes als um einen Beweis für seine Existenz.

Ungefähr 300 v. Chr. faszinierten Finsternisse einen Philosophen namens Aristarch von Samos, vor allem Mondfinsternisse. Er besaß die Kühnheit zu fragen, ob sie wirklich von den Göttern verursacht würden. Aristarch war ein echter wissenschaftlicher Pionier. Nach einem sorgfältigen Studium des Himmels gelangte er zu einer mutigen Schlussfolgerung: Er hatte erkannt, dass die Finsternis in Wirklichkeit der Schatten der Erde war, der über den Mond wanderte, also kein göttliches Ereignis sich vollzog. Durch diese Entdeckung

von überkommenen Vorstellungen befreit, fand er heraus, was sich wirklich über seinem Kopf abspielte. Mithilfe von Strichzeichnungen veranschaulichte er die tatsächliche Beziehung zwischen Sonne, Erde und Mond. Diese Erkenntnis führte ihn zu noch bemerkenswerten Schlussfolgerungen. Denn er leitete daraus ab, nicht die Erde sei der Mittelpunkt des Universums, wie damals allgemein angenommen wurde, sondern die Erde umkreise die Sonne. Tatsächlich lassen sich durch diese Konstellation alle Finsternisse erklären: Wirft der Mond seinen Schatten auf die Erde, dann ist das eine Sonnenfinsternis. Verschattet die Erde den Mond, handelt es sich um eine Mondfinsternis.

Aristarch ging noch einen Schritt weiter. Er behauptete nämlich, Sterne seien keine Risse in der »Leinwand« des Himmels, wie seine Zeitgenossen glaubten, sondern andere Sonnen wie die unsere, nur sehr viel weiter entfernt. Wie erstaunlich muss diese Erkenntnis gewesen sein: Das Universum ist eine Maschine, die bestimmten Prinzipien oder Gesetzen gehorcht – Gesetzen, die vom menschlichen Verstand begriffen werden können.

Die Entdeckung dieser Gesetze, davon bin ich überzeugt, war die größte Leistung der Menschheit, denn diese Naturgesetze – wie wir sie heute nennen – zeigen uns, ob wir einen Gott brauchen, um das Universum zu erklären. Die Naturgesetze beschreiben, wie sich die Himmelskörper, Objekte, Gegenstände, kurzum alle Dinge in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft tatsächlich verhalten.

Im Tennis fliegt der Ball immer genau dorthin, wo er

nach der Vorhersage der Gesetze landen muss. Hier wirken außerdem noch viele andere Gesetze mit. Sie bestimmen alles, was vor sich geht – von der Energie des Schlages, die in den Muskeln der Spieler erzeugt wird, bis hin zu der Geschwindigkeit, mit der das Gras unter ihren Füßen wächst. Doch wirklich entscheidend ist die Tatsache, dass diese physikalischen Gesetze nicht nur unveränderlich, sondern auch universell sind. Neben ihrer Zuständigkeit für die Flugbahn eines Balls gelten sie auch für die Bewegung eines Planeten und jedes anderen Objekts im Universum. Im Gegensatz zu den Gesetzen, die von Menschen gemacht werden, können die Naturgesetze nicht gebrochen werden – daher sind sie so mächtig und, vom religiösen Standpunkt aus betrachtet, so brisant.

Wenn Sie mit mir davon ausgehen, dass die Naturgesetze unveränderlich sind, ist es nur ein kleiner Schritt zur Frage: Welche Rolle bleibt dann für Gott? Das ist ein entscheidender Aspekt des Gegensatzes zwischen Naturwissenschaft und Religion, und obwohl meine Ansichten häufig in den aktuellen Schlagzeilen waren, handelt es sich in Wirklichkeit um einen sehr alten Konflikt. Also könnte man Gott als die Verkörperung der Naturgesetze definieren. Allerdings entspräche das nicht der Vorstellung, die sich die meisten Menschen von Gott machen. Sie denken an ein menschenähnliches Wesen, zu dem sie eine persönliche Beziehung unterhalten können. Eine Annahme, die höchst unwahrscheinlich ist, wenn Sie sich die ungeheure Größe des Universums anschauen und bedenken, wie unbedeutend und zufällig menschliches Leben im Universum ist.

Ich verwende das Wort »Gott« wie Einstein in einem unpersönlichen Sinn für die Naturgesetze. Folglich kennt, wer die Naturgesetze kennt, die Gedanken Gottes. Meine Vorhersage lautet: Wir werden am Ende dieses Jahrhunderts wissen, was Gott denkt.

Der letzte verbleibende Bereich, den die Religion noch für sich beanspruchen kann, ist der Ursprung des Universums, aber selbst hier macht die Wissenschaft Fortschritte und dürfte schon bald mit Gewissheit beschreiben können, wie das Universum angefangen hat.

Ich habe ein Buch veröffentlicht, das ziemliches Aufsehen erregte, weil ich darin fragte, ob Gott das Universum geschaffen habe. Weil ein Wissenschaftler sich zu Fragen der Religion geäußert hatte, regten sich die Leute auf. Dabei habe ich gar nicht die Absicht, irgendjemandem zu sagen, was er glauben soll, aber ob es Gott gibt, ist für mich eine berechtigte Frage im Bereich der Wissenschaft. Schließlich lässt sich kaum etwas Wichtigeres – oder Fundamentaleres – denken als das Rätsel, was oder wer das Universum geschaffen hat und kontrolliert.

Ich denke, das Universum ist spontan aus nichts entstanden, aber ganz in Übereinstimmung mit den Naturgesetzen. Dabei ist die physikalische Grundannahme der wissenschaftliche Determinismus. Ist zu einem gegebenen Zeitpunkt der Zustand des Universums bekannt, legen die wissenschaftlichen Gesetze fest, wie es sich weiterentwickelt. Diese Gesetze mögen von Gott erlassen worden sein oder nicht, aber er kann nicht eingreifen, um die Gesetze zu brechen, andernfalls wären es keine Gesetze. Das

lässt Gott immer noch die Freiheit, den Ausgangszustand des Universums zu wählen, aber selbst zu diesem Zeitpunkt scheint es Gesetze geben zu können. Und damit hätte Gott überhaupt keine Freiheit mehr.

Trotz der Komplexität und Vielfalt des Universums stellt sich heraus, dass man nur drei Zutaten braucht. Stellen wir uns vor, wir könnten sie in einer Art kosmischem Kochbuch auflisten. Welche drei Zutaten brauchen wir also, um ein Universum zuzubereiten? Die erste ist *Materie* – Stoff, der Masse hat. Materie gibt es überall um uns herum, in dem Boden zu unseren Füßen und draußen im All. Staub, Stein, Eis, Flüssigkeiten. Riesige Gaswolken, massereiche Sternspiralen – jede enthält Milliarden von Sonnen und erstreckt sich über unvorstellbare Entfernungen.

Die zweite Zutat, die Sie brauchen, ist *Energie*. Auch ohne jemals darüber nachgedacht zu haben, wissen wir alle, was Energie ist. Etwas, dem wir jeden Tag begegnen. Schauen Sie zur Sonne empor, und Sie fühlen die Energie auf Ihrem Gesicht: Energie, die von einem Stern in einer Entfernung von 150 Millionen Kilometern erzeugt wird. Energie durchdringt das Universum und speist die Prozesse, die es zu einem dynamischen, in ewigem Wandel befindlichen Ort machen.

Damit haben wir *Materie* und *Energie*. Als Drittes brauchen wir zum Bau eines Universums noch *Raum*. Viel Raum. Für das Universum lassen sich viele Bezeichnungen finden – ehrfurchtgebietend, erhaben, gewaltig –, aber eines ist es nicht: beengt. Egal, wohin wir schauen, wir sehen Raum, mehr Raum und noch mehr

Raum. Raum, der sich in alle Richtungen erstreckt. Raum, so unfassbar groß, dass einem schwindelig wird. Da stellt sich die Frage, wo so viel Materie, Energie und Raum herkommen. Bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts hatten wir keine Ahnung.

Die Antwort ergab sich aus den Erkenntnissen des vermutlich bemerkenswertesten Wissenschaftlers, der je gelebt hat. Sein Name: Albert Einstein. Leider bin ich ihm nie begegnet, denn ich war erst 13, als er starb. Einstein machte eine höchst erstaunliche Entdeckung: Die beiden wichtigsten Zutaten zur Herstellung eines Universums – Masse und Energie – sind im Grunde genommen dasselbe, zwei Seiten einer Medaille, wenn Sie so wollen. Seine berühmte Gleichung

$$E = mc^2$$

bedeutet einfach, dass wir uns Masse als eine Form von Energie vorstellen können und umgekehrt. Folglich lässt sich sagen, dass zur Herstellung eines Universums nicht drei, sondern nur zwei Zutaten gehören: *Energie* und *Raum*. Woher ist diese Menge an Energie und Raum gekommen? Nach jahrzehntelanger Forschung haben Kosmologen die Antwort gefunden: Raum und Energie wurden während eines Ereignisses spontan erzeugt, das wir heute Urknall nennen.

Im Augenblick des Urknalls entstand ein vollständiges Universum und mit ihm der Raum. Das Ganze blähte sich auf wie ein Luftballon, der aufgeblasen wird. Woher kam diese Menge an Energie und Raum? Wie kann

ein ganzes Universum mit dieser Energie, mit der unvorstellbaren Ausdehnung des Raumes und mit all dem, was er enthält, so einfach aus dem Nichts auftauchen?

Für einige Menschen war das der Punkt, an dem Gott wieder ins Spiel kam. Sie sind überzeugt, Gott habe die Energie und den Weltraum geschaffen. Der Urknall ist für sie der Augenblick der Schöpfung. Die Wissenschaft hingegen erzählt eine ganz andere Geschichte. Auf die Gefahr hin, mich in Schwierigkeiten zu bringen, möchte ich behaupten, dass wir weit mehr von den Naturerscheinungen verstehen, die die Wikinger in Angst und Schrecken versetzten. Wir können sogar über die wunderschöne Symmetrie von Energie und Materie hinausgehen, die Einstein entdeckte. Mithilfe der Naturgesetze sind wir in der Lage, uns mit dem Ursprung des Universums zu befassen, um festzustellen, ob ein Gott die einzige Möglichkeit ist, ihn zu erklären.

Als ich nach dem Zweiten Weltkrieg in England aufwuchs, herrschte Mangel. Man sagte uns, man bekomme nie etwas umsonst – nie etwas für nichts. Aber heute, nach einem Leben in der Forschung, bin ich der Meinung, dass man ein ganzes Universum ganz umsonst haben kann.

Das große Rätsel im Herzen des Urknalls ist die Frage, wie sich ein vollständiges, ungeheuer riesiges Universum voll Raum und Energie aus dem Nichts materialisieren kann. Das Geheimnis erklärt sich aus einem der seltsamsten Aspekte unseres Kosmos. Die Gesetze der Physik verlangen die Existenz eines Phänomens, das wir »negative Energie« nennen.

Erlauben Sie mir einen einfachen Vergleich, um Ihnen dieses seltsame, aber höchst entscheidende Konzept näherzubringen. Stellen Sie sich einen Mann vor, der auf einem flachen Stück Land einen Hügel erbauen möchte. Der Hügel soll das Universum darstellen. Um ihn herzustellen, gräbt der Mann ein Loch in den Boden und verwendet die Erde, um den Hügel aufzuwerfen. Natürlich stellt er dabei nicht nur einen Hügel her, sondern macht auch ein Loch – also eine negative Version des Hügels. Das Erdreich, das im Loch war, ist jetzt zum Hügel geworden und alles bleibt vollkommen im Gleichgewicht. Genau das ist das Prinzip, das dem Anfang des Universums zugrunde lag.

Als der Urknall eine gewaltige Menge an positiver Energie erzeugte, produzierte er gleichzeitig dieselbe Menge an negativer Energie. Auf diese Weise ergänzen sich das Positive und das Negative immer zu null. Das ist ein weiteres Naturgesetz.

Wo ist dann all diese negative Energie heute? Sie befindet sich in der dritten Zutat unseres kosmischen Kochbuchs – das heißt, sie ist im Weltraum. Das mag merkwürdig klingen, aber nach den Naturgesetzen, die Gravitation und Bewegung betreffen – Gesetze, die zu den ältesten in den Naturwissenschaften gehören –, ist der kosmische Raum selbst ein riesiger Speicher für negative Energie. Genug, um dafür zu sorgen, dass alles sich zu null addiert. Ich gebe zu, dass dies für jemanden, der mit der Mathematik nicht vertraut ist, schwer zu begreifen ist, aber es stimmt. Das unendliche Netz von Milliarden und Abermilliarden Galaxien, deren jede mit

der Kraft der Gravitation auf alle anderen Galaxien einwirkt, wirkt wie eine riesige Speichervorrichtung. Das Universum ist wie ein enormer Akku, der die negative Energie speichert. Die positive Seite der Dinge – die Masse und die Energie, die wir heute sehen – gleicht dem Hügel. Das entsprechende Loch, oder die negative Seite der Dinge, ist über den ganzen Raum verteilt.

Was bedeutet das also für unser Bemühen herauszufinden, ob es einen Gott gibt? Ganz einfach: Wenn sich das Universum zu nichts addiert, braucht man keinen Gott, um es zu erschaffen. Das Universum ist in der absoluten Bedeutung des Wortes *umsonst*.

Da wir wissen, dass sich das Positive und das Negative zu null addieren, müssen wir jetzt nur noch herausfinden, was – oder soll ich sagen, wer – den ganzen Prozess ursprünglich ausgelöst hat. Was könnte das spontane Auftauchen eines Universums verursacht haben? Auf den ersten Blick scheint das ein unlösbares Problem zu sein – schließlich materialisieren sich ja die Dinge in unserer alltäglichen Welt nicht aus heiterem Himmel. Wenn Ihnen danach ist, eine Tasse Kaffee zu trinken, können Sie diese nicht durch ein bloßes Fingerschnippen herbeizaubern. Sie müssen sie aus anderem Stoff herstellen – Kaffeebohnen, Wasser und vielleicht etwas Milch und Zucker. Aber reisen Sie in die Tiefen dieser Kaffeetasse – durch die Milchteilchen, durch die atomare Ebene hindurch bis hinab zur subatomaren Ebene – und Sie werden in eine Welt eindringen, in der es durchaus möglich ist, etwas aus dem Nichts heraufzubeschwören. Zumindest für einen kurzen Moment.

Der Grund dafür ist, dass Teilchen wie Protonen sich auf dieser Größenskala nach Naturgesetzen verhalten, die wir als Quantenmechanik bezeichnen. Solche Objekte können in der Tat vollkommen zufällig erscheinen, eine Zeit lang bleiben, um wieder zu verschwinden und irgendwo anders aufzutauchen.

Da wir wissen, dass das Universum selbst einmal äußerst klein war – kleiner als ein Proton –, ergibt sich eine bemerkenswerte Konsequenz: In all seiner schwindelerregenden Ausdehnung und Komplexität könnte das Universum ganz einfach aus dem Nichts aufgetaucht sein, ohne die bekannten Naturgesetze zu verletzen. Von dem Augenblick an wären mit der Expansion des Raumes selbst ungeheure Mengen von Energie frei geworden. Ein Ort, um all die negative Energie zu speichern, die zum Ausgleich der Bilanz erforderlich ist.

Aber damit stellt sich natürlich die entscheidende Frage aufs Neue: Hat Gott die Quantengesetze geschaffen, die den Urknall ermöglichten? Kurz gesagt, brauchen wir einen Gott, der alles so arrangiert, dass der Urknall knallt? Es liegt mir völlig fern, irgendjemand in seinem religiösen Glauben zu verletzen, aber ich bin überzeugt, dass die Naturwissenschaften eine schlüssigere Erklärung liefern als einen göttlichen Schöpfer.

Aufgrund unserer täglichen Erfahrung meinen wir, alles, was geschieht, müsse durch etwas verursacht sein, das vorher geschehen ist, daher ist für uns die Annahme natürlich, dass etwas – möglicherweise Gott – die Ursache für die Entstehung des Universums war. Doch wenn wir von dem Universum als einem Ganzen spre-

chen, muss das nicht unbedingt stimmen. Lassen Sie mich erklären. Stellen Sie sich einen Fluss vor, der einen Berghang hinabfließt. Was verursacht den Fluss? Vielleicht ein Regen, der vorher auf die Berge fiel. Aber was hat den Regen verursacht? Eine gute Antwort wäre: die Sonne, die auf den Ozean schien und den Wasserdampf in den Himmel hob und die Wolken bildete. Gut, also was bewirkte, dass die Sonne schien? Wenn wir in ihr Inneres blicken, sehen wir einen Prozess, der als Fusion bezeichnet wird: Wasserstoffatome verschmelzen zu Helium und setzen dabei ungeheure Energiemengen frei. So weit, so gut. Woher kommt der Wasserstoff? Antwort: vom Urknall. Doch hier liegt der entscheidende Haken. Die Naturgesetze sagen uns nämlich, dass das Universum wie ein Proton aufgetaucht sein kann, ohne Hilfe in Anspruch zu nehmen und ohne Energie zu beanspruchen, aber auch, dass möglicherweise nichts den Urknall verursacht hat. Nichts.

Die Erklärung geht auf Einsteins Theorien und auf seine Erkenntnis zurück, dass Raum und Zeit im Universum zutiefst miteinander verflochten sind. Im Augenblick des Urknalls geschah etwas Wunderbares mit der Zeit. Sie begann.

Um diese aberwitzige Idee zu verstehen, können Sie sich ein Schwarzes Loch vorstellen, das im Raum schwebt. Ein typisches Schwarzes Loch ist ein Stern, der infolge seiner Masse in sich zusammengestürzt ist. Diese Masse ist so groß, dass seiner Gravitation noch nicht einmal Licht entkommen kann, deshalb ist es fast vollkommen schwarz. Dabei ist seine Gravitationsan-

ziehung stark genug, um nicht nur Licht zu krümmen und zu verformen, sondern auch die Zeit. Malen Sie sich aus, dass eine Uhr von dem Schwarzen Loch verschluckt wird. Während die Uhr dem Schwarzen Loch näher und näher kommt, beginnt sie immer langsamer zu gehen. Die Zeit selbst verlangsamt sich. Wenn die Uhr in das Schwarze Loch eintritt – wobei wir uns natürlich vorstellen, dass sie den extremen Gravitationskräften standhalten kann –, bleibt sie stehen, nicht weil sie kaputtgegangen wäre, sondern weil die Zeit in dem Schwarzen Loch nicht existiert. Und genau das geschah, als das Universum begann.

In den vergangenen 100 Jahren haben wir spektakuläre Fortschritte in unserem Verständnis des Universums gemacht. Wir kennen die Gesetze, die bestimmen, was unter praktisch allen Bedingungen geschieht, abgesehen von ganz extremen Situationen wie dem Ursprung des Universums oder den Schwarzen Löchern. Die Rolle, die die Zeit zu Beginn des Universums gespielt hat, ist meiner Meinung nach entscheidend, wenn es darum geht, die vermeintliche Notwendigkeit eines großen Weltbauers zu überwinden und zu enthüllen, wie das Universum sich selbst erschaffen hat.

Reisen wir in der Zeit bis zum Augenblick des Urknalls rückwärts, wird das Universum immer kleiner und kleiner, bis es schließlich so winzig ist, dass es ein unvorstellbar kleines und unvorstellbar dichtes Schwarzes Loch ist. Wie bei den heute im All schwebenden Schwarzen Löchern ergeben sich aus den Naturgesetzen ganz außerordentliche Vorhersagen. Auch hier, so

zeigen die Naturgesetze, muss die Zeit zum Stillstand kommen. Sie können auf unserer Reise keinen Zeitpunkt vor dem Urknall erreichen, da es vor dem Urknall keine Zeit gab. Damit haben wir endlich etwas gefunden, was keine Ursache hat, weil es keine Zeit gab, in der eine Ursache hätte existieren können. Nach meiner Ansicht folgt daraus, dass keine Möglichkeit für einen Schöpfer bleibt, weil es keine Zeit für die Existenz eines Schöpfers gibt.

Die Menschen suchen nach Antworten auf die großen Fragen, etwa warum wir hier sind. Sie erwarten nicht, dass die Antworten einfach sind, und geben sich daher ein wenig Mühe, die Antworten zu verstehen. Sollten Sie mich fragen, ob ein Gott das Universum geschaffen habe, antworte ich Ihnen, schon Ihre Frage sei sinnlos. Denn vor dem Urknall existierte keine Zeit, folglich gab es auch keine Zeit, in der Gott das Universum hätte erschaffen können. Es ist so, als fragte man, in welcher Richtung der Rand der Erde liege – die Erde ist eine Kugel, die keinen Rand hat, infolgedessen ist die Suche nach einem Rand vergebliche Liebesmüh.

Bin ich ein gläubiger Mensch? Es steht uns frei zu glauben, was wir wollen. Meiner Ansicht nach lautet die einfachste Erklärung, dass es keinen Gott gibt. Niemand hat das Universum geschaffen und niemand lenkt unsere Geschicke. Das führt zu einer weitreichenden Erkenntnis: Es gibt wahrscheinlich keinen Himmel und kein Leben nach dem Tod. Ich nehme an, der Glaube an ein Jenseits ist lediglich Wunschdenken. Es gibt keine verlässlichen Belege dafür, und die Annahme

widerspricht allen wissenschaftlichen Erkenntnissen. Ich denke, dass wir wieder zu Staub werden, wenn wir sterben. Aber es gibt eine Form, in der wir weiterleben: in unserem Einfluss und in den Genen, die wir an unsere Kinder weitergeben. Wir haben nur dieses Leben, um den großen Plan des Universums zu würdigen, und dafür bin ich außerordentlich dankbar.

*Wie passt die Existenz Gottes in Ihre Vorstellung
vom Anfang und Ende des Universums?
Und wenn Gott existierte und Sie hätten die Möglichkeit,
ihm zu begegnen, was würden Sie ihn fragen?*

Es stellt sich die Frage: Ist die Art und Weise, wie das Universum anfing, aus Gründen, die wir nicht verstehen können, von Gott gewählt oder durch ein wissenschaftliches Gesetz bestimmt worden? Ich glaube Letzteres. Wenn Sie wollen, können Sie die wissenschaftlichen Gesetze »Gott« nennen, aber das wäre dann kein persönlicher Gott, dem sie begegnen und Fragen stellen könnten.

Doch wenn es einen solchen Gott gäbe, würde ich ihn gerne fragen, ob er sich etwas so Kompliziertes wie die verallgemeinerte Stringtheorie oder die M-Theorie in elf Dimensionen ausgedacht hat.