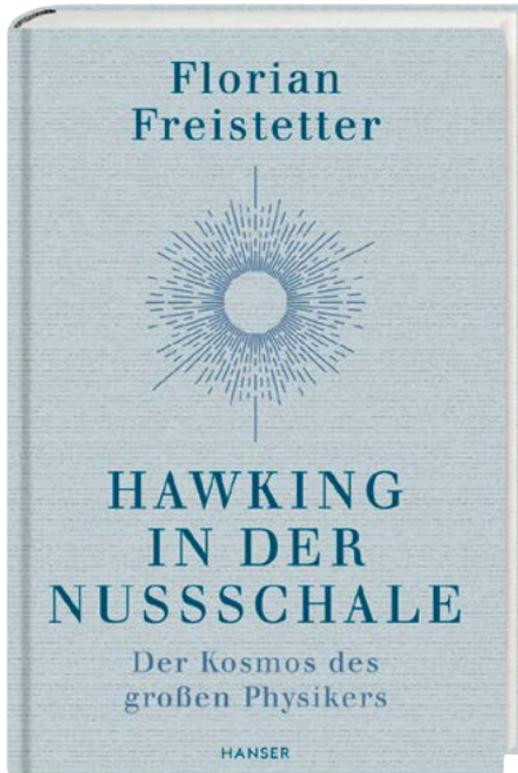


Leseprobe aus:

**Florian Freistetter**



Mehr Informationen zum Buch finden Sie auf

© Carl Hanser Verlag München 2018

**HANSER**

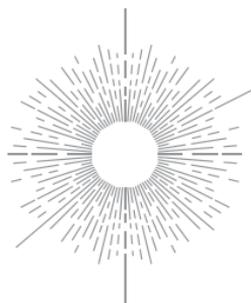




Florian Freistetter

HAWKING  
IN DER  
NUSSSCHALE

Der Kosmos des  
großen Physikers



Carl Hanser Verlag

1. Auflage 2018

ISBN 978-3-446-26245-4

Alle Rechte der deutschen Ausgabe:

© 2018 Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, München

Illustrationen: © Peter Palm, Berlin

Umschlag: Anzinger und Rasp, München

Motiv: © miakiev/Getty Images

Satz: Satz für Satz, Wangen im Allgäu

Druck und Bindung: GGP Media GmbH, Pößneck

Printed in Germany



**MIX**  
Papier aus verantwortungsvollen Quellen  
**FSC® C014496**

# INHALT

## PROLOG

7

### I DIE SINGULARITÄT

Der Anfang des Universums

13

### 2 GRAVITATIONSWELLEN

Wenn Schwarze Löcher  
kollidieren

27

### 3 DIE HAWKING-STRAHLUNG

Warum Schwarze Löcher nicht so  
schwarz sind, wie man dachte

41

### 4 DAS INFORMATIONSPARADOXON

Hinter dem Ereignishorizont  
geht's weiter

61

5 VOR DEM URKNALL  
In den endlosen Weiten der  
euklidischen Raumzeit

73

EPILOG

91

LEKTÜRETIPPS  
IN DER NUSSCHALE

99

REGISTER

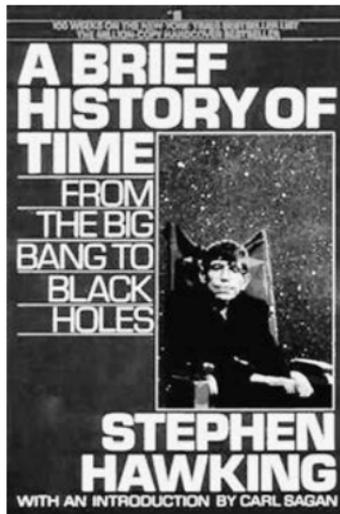
107

## PROLOG

Als ich 16 Jahre alt war, stieß ich zufällig auf »Eine kurze Geschichte der Zeit« von Stephen Hawking. Weder hatte ich gezielt danach gesucht, noch hatte ich damals ein besonderes Interesse an der Naturwissenschaft. Aber irgendetwas an dem Buch muss mich spontan angesprochen haben. Noch im Buchladen fing ich an, das erste Kapitel zu lesen. Gekauft habe ich es – mangels Geld – noch nicht. Erst nach ein paar weiteren Besuchen, bei denen ich noch zwei Kapitel gelesen hatte, nahm ich das Buch mit nach Hause (nachdem ich es bezahlt hatte natürlich) und las es dort in einem Rutsch zu Ende.

Ich muss gestehen: Verstanden habe ich nur einen Bruchteil. Damit ging es mir wie vermutlich den meisten anderen Leserinnen und Lesern. Was ich jedoch sofort begriff: Da draußen befindet sich ein faszinierendes Universum, voll mit Objekten, die sich unserem Alltagsverstand komplett entziehen.

Schwarze Löcher etwa, aus denen keinerlei Information entkommen kann und in denen sich anscheinend dennoch Antworten auf die großen Fragen verbergen. Auf die Frage nach dem Anfang des Kosmos und seinem Ende. Auf die Frage nach der Natur der Zeit. Und auf die ultimative Frage, die da lautet: »Warum gibt es etwas und nicht nichts?« Was mich an diesem Buch aber am meisten beeindruckte, war die für mich damals nahezu unbegreifliche Tatsache, dass *all das von Wissenschaftlern erforscht werden kann.*



Originalausgabe von  
»Eine kurze Geschichte der Zeit«

Erst durch die Lektüre von Hawkings Klassiker begriff ich: Das Universum in seiner Gesamtheit ist ein Forschungsgegenstand der modernen Naturwissenschaft. Es gibt physikalische Theorien und mathematische Gleichungen, die sich mit seiner Entstehung, seinen Eigenschaften und seiner Entwicklung beschäftigen. Und wenn ich auch damals keine Aussicht hatte, diese Theorien und Gleichungen zu verstehen, war ich gefesselt von der Vorstellung, dass es möglich sein kann, dies zu tun.

Die Lektüre von »Eine kurze Geschichte der Zeit« war der Auslöser dafür, dass ich schließlich Astronomie studierte. Davon konnten mich nicht einmal meine schlechten schulischen Leistungen in Mathematik abhalten. Ich wusste, dass das, was mir mein Lehrer beibrachte (auf ziemlich schlechte und unzureichende Art und Weise, wie ich heute weiß) nicht das war, worum es wirklich ging. Im Unterricht lernte ich nur zu rechnen, und das war langweilig. Daher strengte ich mich dabei nicht sonderlich an. Das hingegen, was ich später auf der Universität während des Astronomie-Studiums lernte, war keine Schulmathematik, sondern die Sprache, in der sich die Natur uns mitteilt. Die Sprache, mit der sich die Geheimnisse des Universums verstehen lassen, und die Sprache,

die Stephen Hawking verwendete, als er auf die Suche nach Antworten auf all die großen Fragen ging.

Ich habe mich später allerdings doch nicht auf die Kosmologie (also die Erforschung des Universums als Ganzem) spezialisiert, sondern mich mit der Bewegung von Asteroiden, Planeten und anderen Himmelskörpern beschäftigt. Nie war ich in meiner wissenschaftlichen Arbeit ansatzweise so intensiv mit Schwarzen Löchern, dem Urknall und den Fundamenten der Naturgesetze befasst wie Stephen Hawking. Aber ich habe von ihm gelernt, wie faszinierend das Universum sein kann – und erfahren, wie schön es ist, diese Faszination mit anderen Menschen zu teilen.

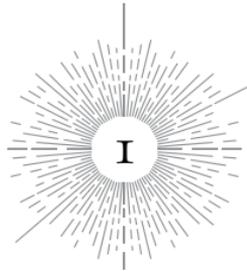
Stephen Hawking hat es wie kaum ein anderer Wissenschaftler geschafft, einer großen Öffentlichkeit die Schönheit des Kosmos nahezubringen. Sein ganzes wissenschaftliches Leben hat er sich nicht nur bemüht, Antworten auf die großen Fragen der Menschheit zu finden, sondern vor allem auch, so von seiner Arbeit zu erzählen, dass möglichst viele an ihren Ergebnissen teilhaben können. Dabei spielt es auch keine Rolle, dass die (mathematischen) Details dieser Forschung kaum anschaulich darstellbar und auch ohne langes Studium nicht verständlich sind.

Der geniale Physiker in seinem futuristisch anmutenden Rollstuhl mit seiner durchdringenden Computerstimme hat es wie kein anderer verstanden, die Faszination, Freude und Befriedigung zu vermitteln, die einer Beschäftigung mit dem Universum innewohnen.

Ich selbst habe in meiner wissenschaftlichen Karriere nicht einmal annähernd so große Entdeckungen gemacht wie Stephen Hawking. Aber auch ich bin zutiefst davon überzeugt, dass es wichtig und vor allem äußerst lohnend ist, möglichst viele Menschen an den Erkenntnissen der Wissenschaft teilhaben zu lassen. Wenn ich also im Folgenden versuche, die wichtigsten Ergebnisse von Hawkings Arbeit verständlich zu machen, dann tue ich das in der Hoffnung, dass sie weiterhin möglichst viele Menschen dazu inspirieren werden, sich mit den großen Fragen zu beschäftigen – und mit der Naturwissenschaft, die sich auf die Suche nach den Antworten auf sie macht.

Ich weiß nicht, wie mein Leben verlaufen wäre, wenn ich damals nicht zufällig auf »Eine kurze Geschichte der Zeit« gestoßen wäre. Aber ich bin sehr glücklich darüber, dass mich die Gedanken von Stephen Hawking zur richtigen Zeit erreicht haben und ich seinen Kosmos kennenlernen konnte.



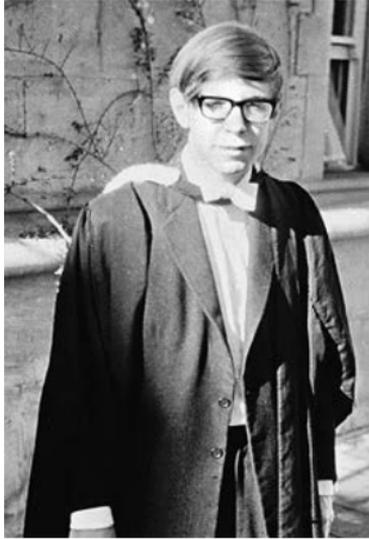


## DIE SINGULARITÄT

### Der Anfang des Universums

Stephen Hawking startete seine wissenschaftliche Karriere mit dem ultimativen Anfang: der Frage nach dem Beginn des Universums. Mir ihr hatten sich jahrhundertlang Philosophen oder Theologen auseinandergesetzt. Im 20. Jahrhundert jedoch beschäftigte sich auch die Naturwissenschaft mit dem Ursprung des Kosmos. Vor allem Albert Einstein lieferte mit seiner Allgemeinen Relativitätstheorie ein Werkzeug, mit dem sich das Universum in seiner Gesamtheit untersuchen ließ. Eines, von dem auch zahlreiche Wissenschaftler Gebrauch machen sollten – unter ihnen der junge Stephen Hawking.

Am 18. Oktober 1966, in dem Jahr, in dem Hawking sein Doktorandenstudium an der Universität Cambridge abschloss, publizierte er einen Artikel mit dem

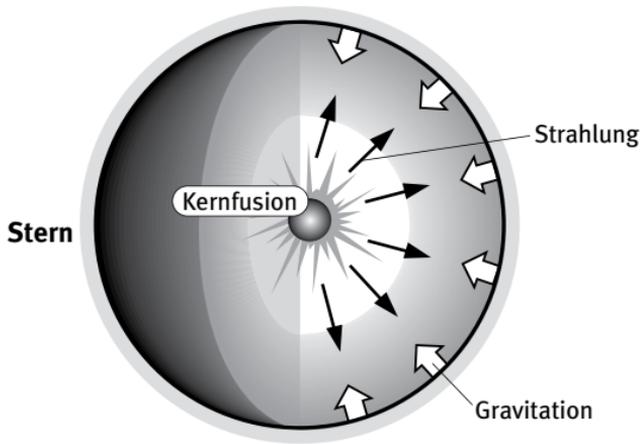


Der junge Stephen Hawking

Titel »The occurrence of singularities in cosmology« (»Das Auftreten von Singularitäten in der Kosmologie«). Darin ging es um die Vergangenheit unseres Universums und das Problem der »Singularitäten«. Dies hängt wiederum mit Einsteins Raumzeit zusammen, eine von vielen großen Errungenschaften des großen Theoretikers, und etwas, das die Wissenschaftler bis heute intensiv beschäftigt. Vor Einstein hatte man sich an das gehalten, was Isaac Newton zum Thema zu sagen gehabt hatte: Der Raum war der Raum, und die Zeit war die Zeit.

Das eine war unabhängig vom anderen, die Zeit war absolut und verging für alle gleich. Raum und Zeit waren eine Bühne, auf der sämtliche Ereignisse im Universum stattfanden. Einstein räumte mit dieser Vorstellung gründlich auf und demonstrierte, dass die drei Dimensionen des Raums und die eine Dimension der Zeit untrennbar in Form einer vierdimensionalen Raumzeit miteinander zusammenhängen. Wie uns der Raum erscheint und wie wir die Zeit wahrnehmen, hängt, so wissen wir seit Einstein, davon ab, wie schnell wir uns bewegen. Raum und Zeit sind keine absoluten Begriffe, sondern erscheinen jedem Beobachter anders. Einstein machte aus Newtons Bühne für die Naturgesetze ein physikalisches Objekt: Die Raumzeit ist selbst der Physik unterworfen; sie hat Eigenschaften und kann sich verändern. Vor allem ist sie verformbar: Masse und Energie krümmen Raum und Zeit; und die unterschiedliche Stärke der Krümmung nehmen wir als unterschiedlich starke Gravitationskraft wahr.

Das alles ist schon verwirrend genug. Als Wissenschaftler sich aber Einsteins Gleichungen im Detail ansahen, wurde die Angelegenheit noch komplizierter, denn sie stießen auf Singularitäten. Worum es sich dabei handelt, verstand man zuerst bei der Frage nach



der Entwicklung von Sternen. Diese gewaltigen Kugeln aus heißem Gas führen in ihrem Inneren Kernfusionen durch. Die dabei freigesetzte Energie strahlt nach außen und drückt gegen die Materie des Sterns.