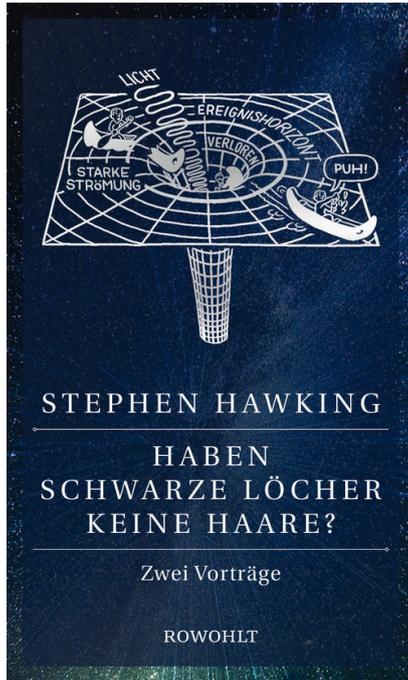


## Leseprobe aus:



ISBN: 978-3-498-09188-0

Mehr Informationen zum Buch finden Sie auf [www.rowohlt.de](http://www.rowohlt.de).

Stephen Hawking

**Haben Schwarze  
Löcher keine Haare?**

Zwei Vorträge

Mit einem Vorwort und

Erläuterungen von David Shukman

Aus dem Englischen von Hainer Kober

Rowohlt

Die englische Originalausgabe erschien 2016 unter dem Titel «Black Holes. The BBC Reith Lectures» mit freundlicher Genehmigung der BBC bei Bantam Books, einem Imprint von Transworld Publishers, einem Unternehmen der Penguin Random House Group, London.

1. Auflage Januar 2017

Copyright der deutschsprachigen Ausgabe

© 2017 by Rowohlt Verlag GmbH, Reinbek bei Hamburg

Lektorat Frank Strickstroock

«Black Holes. The BBC Reith Lectures»

Copyright © 2016 by Stephen Hawking

All rights reserved

Der Vortrag «Do Black Holes Have No Hair?» wurde zuerst am 26. Januar 2016, «Black Holes Ain't As Black As They Are Painted» am 2. Februar 2016 von BBC Radio 4 ausgestrahlt.

Die Einband- und Innenillustrationen wurden von Cognitive (wearecognitive.com) für BBC Radio 4 produziert.

Das BBC-Logo ist ein Markenzeichen der British Broadcasting Corporation, © BBC.

Einbandgestaltung Anzinger und Rasp, München

Einbandabbildung (Hintergrundmotiv)

Nimit Nigam / EyeEM / Getty Images

Satz aus ITC Stone PostScript, InDesign

Gesamtherstellung CPI books GmbH, Leck, Germany

ISBN 978 3 498 09188 0

# Inhalt

Inhalt

**Einleitung**

von David Shukman

**Haben Schwarze Löcher keine Haare?**

Schwarze Löcher sind nicht so schwarz, wie sie gemalt werden

**Weiches Haar auf Schwarzen Löchern**

Abstract

4.2. Kapitel

4.3. Kapitel

4.4. Kapitel

Eine kurze Geschichte der Zeit

Einsteins Traum

Der große Entwurf

Meine kurze Geschichte

4.9. Kapitel

4.10. Kapitel

# Einleitung

## von David Shukman

**Alles an Stephen Hawking** ist faszinierend: das Schicksal eines Genies, das in einen hilflosen Körper eingesperrt ist; der Anflug eines Lächelns in einem Gesicht, in dem sich nur noch ein einziger Muskel bewegt; die unverwechselbare Roboterstimme, die uns einlädt, an den wunderbaren Entdeckungsreisen eines Verstandes teilzunehmen, der die entlegensten Winkel des Universums durchstreift.

Gegen alle Wahrscheinlichkeit hat diese bemerkenswerte Persönlichkeit die üblichen Grenzen der Naturwissenschaft überschritten. Von seinem Buch *Eine kurze Geschichte der Zeit* wurde die schier unglaubliche Zahl von zehn Millionen Exemplaren verkauft. Kurzauftritte in beliebten Comedy-Shows, Einladungen ins Weiße Haus und ein Film über sein Leben, der gut ankam, sicherten ihm endgültig den Prominentenstatus. Er hat nichts weniger erreicht, als der berühmteste Wissenschaftler der Welt zu werden.

Als bei ihm in den sechziger Jahren eine amyotrophe Lateralsklerose diagnostiziert wurde, gab man ihm noch zwei Jahre. Doch ein halbes Jahrhundert später ist er noch immer in der Lage, zu forschen, zu schreiben, zu reisen und regelmäßig in den Nachrichten zu erscheinen. Seine Tochter Lucy erklärt diese ungeheure Energieleistung damit, dass er «außerordentlich stur» sei.

Was es auch sei – das Leid seiner persönlichen Geschichte oder seine Fähigkeit, die Menschen zu begeistern –, Hawking beflügelt die Phantasie. Kürzlich wies er warnend darauf hin, dass die Menschheit durch eine Reihe selbstverschuldeter Katastrophen gefährdet sei – von der globalen Erwärmung bis zu künstlich entwickelten Viren. Ein Artikel, der darüber berichtete, war die meistgelesene BBC-Webseite des Tages.

Es ist eine schreckliche Ironie des Schicksals, dass ein so begnadeter Kommunikator keine normalen Gespräche führen kann. Für Interviews müssen die Fragen vorher eingeschickt werden. Vor ein paar Jahren baten mich seine Mitarbeiter, auf jeden Smalltalk zu verzichten, weil er auch bei kürzesten Fragen endlos brauche, um seine Antworten zusammenzustellen. In der Aufregung, ihn endlich zu treffen, rutschte mir dann doch ein «Wie geht es Ihnen?» heraus, woraufhin ich lange und voller Schuldbewusstsein auf seine Antwort warten musste. Es ging ihm gut.

Eine Tafel in seinem Büro in Cambridge ist mit Gleichungen bedeckt. Mathematik in ihrer exklusivsten Form ist die Verkehrssprache der Kosmologie. Doch Stephen Hawking besonderer Beitrag zur wissenschaftlichen Forschung ist die Fähigkeit, die Ansätze scheinbar höchst verschiedener Spezialgebiete zu vereinigen. Vor allem war er der Erste, der die ungeheure Weite des Raums mit mathematischen Techniken berechnete, die zur Untersuchung winziger Teilchen im Inneren von Atomen entwickelt wurden.

Seine Kollegen auf diesem teuflisch komplizierten Gebiet mögen befürchten, dass sie ihre Arbeit der Öffentlichkeit niemals verständlich machen können. Doch gerade das Bemühen, ein breiteres Publikum zu erreichen, ist ein Markenzeichen von Hawking. In den diesjährigen Reith-Vorträgen der BBC stellte er sich der Herausforderung, die Erkenntnisse seiner lebenslangen Beschäftigung mit Schwarzen Löchern in zwei fünfzehnminütigen Vorträgen zusammenzufassen. Für die Leser, die zwar neugierig, interessiert oder fasziniert sind, sich aber vor der Physik und Mathematik ein bisschen fürchten, habe ich an einigen Stellen Anmerkungen eingefügt, um das Verständnis zu erleichtern.

## Haben Schwarze Löcher keine Haare?

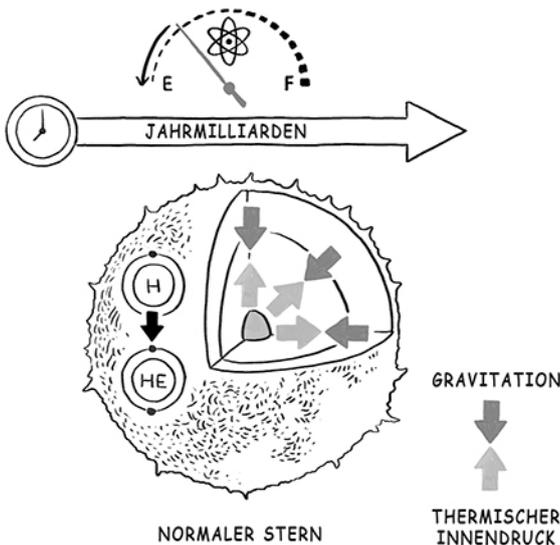
**Es heißt**, die Wirklichkeit sei manchmal seltsamer als die Produkte unserer Phantasie. Nirgendwo dürfte das wahrer sein als im Fall der Schwarzen Löcher. Schwarze Löcher sind seltsamer als alles, was sich Science-Fiction-Autoren jemals hätten ausdenken können, aber sie sind gesicherte Erkenntnis der Wissenschaft. Nur allmählich hat die Wissenschaft erkannt, dass massereiche Sterne infolge der Eigengravitation in sich zusammenstürzen können, und sich mit der Frage beschäftigt, wie sich die zurückgebliebenen Objekte verhalten. Albert Einstein hat sogar 1939 in einem Aufsatz behauptet, dass Sterne keinen Gravitationskollaps erleiden könnten, weil sich Materie nicht über einen bestimmten Punkt hinaus zusammenpressen lasse. Viele Wissenschaftler teilten diese instinktive Auffassung von Einstein. Die große Ausnahme war der amerikanische Forscher John Wheeler, der in vielerlei Hinsicht der Held der Geschichte der Schwarzen Löcher ist. In seinen Arbeiten der fünfziger und sechziger Jahre vertrat er mit Nachdruck die Ansicht, dass Sterne letztendlich kollabierten, und wies auf die Probleme hin, die diese Möglichkeit für die theoretische Physik aufwerfe. Außerdem sagte er viele Eigenschaften der Objekte voraus, in die sich kollabierte Sterne verwandeln – das heißt der Schwarzen Löcher.



DS: Der Ausdruck «Schwarzes Loch» ist relativ einfach, aber es ist schwer, sich ein solches Objekt im All auszumalen. Stellen Sie sich einen riesigen Abfluss vor, in dem das Wasser strudelnd verschwindet. Sobald irgendetwas den Rand - den sogenannten Ereignishorizont - überschreitet, gibt es keinen Weg zurück. Da Schwarze Löcher eine ungeheure Anziehungskraft besitzen, wird sogar das Licht eingesaugt, sodass diese kosmischen Objekte buchstäblich unsichtbar sind. Aber Physiker wissen, dass es sie gibt, weil sie Sterne auseinanderreißen, die ihnen zu nahe kommen, und weil sie Wellen durch den Raum senden können. Eine Kollision zwischen zwei Schwarzen Löchern hat vor mehr als einer Milliarde Jahren sogenannte Gravitationswellen ausgelöst, die unlängst entdeckt wurden - eine höchst bedeutsame wissenschaftliche Leistung.

Den größten Teil seines Lebens, viele Milliarden Jahre lang, behauptet sich ein normaler Stern gegen seine Eigengravitation mittels des thermischen Drucks aufgrund von Kernprozessen, die Wasserstoff in Helium verwandeln.

DS: Die NASA vergleicht Sterne mit Dampfkochtöpfen. Die Explosivkraft der Kernfusionen in ihrem Inneren erzeugt einen Druck nach außen, der durch die alles nach innen ziehende Gravitation begrenzt wird.



Irgendwann hat der Stern jedoch seinen Kernbrennstoff aufgebraucht. Jetzt beginnt er, sich zusammenzuziehen. In einigen Fällen ist der Stern in der Lage, sich als «Weißer Zwerg» zu stabilisieren. Doch Subrahmanyan Chandrasekhar wies 1930 nach, dass die maximale Masse eines Weißen Zwergs ungefähr dem 1,4fachen der Sonne entspricht. Eine ähnliche Maximalmasse hat der sowjetische Physiker Lew

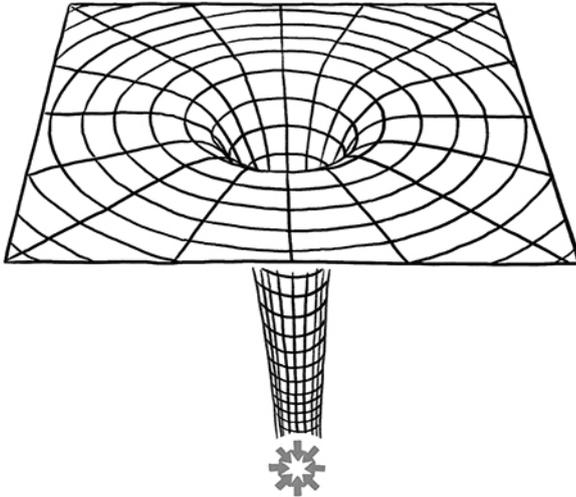
Landau für einen vollkommen aus Neutronen bestehenden Stern errechnet.

DS: Weiße Zwerge und Neutronensterne waren einmal Sonnen und haben inzwischen ihren Brennstoff aufgebraucht. Ohne eine Kraft, die sie stabilisieren könnte, vermag nichts, ihre Eigengravitation davon abzuhalten, sie zu schrumpfen, mit dem Ergebnis, dass sie am Ende zu den dichtesten Objekten im Universum gehören. Doch in der Größentabelle der Sterne rangieren sie ziemlich weit unten, das heißt, sie besitzen nicht genügend Gravitationskraft, um vollständig in sich zusammenzustürzen. Daher ist für Stephen Hawking und seine Kollegen weit interessanter, was mit den wirklich großen Sternen am Ende ihres Lebens geschieht.

Was geschieht dann mit den zahllosen Sternen, die eine größere Masse besitzen als Weiße Zwerge oder Neutronensterne, wenn sie ihren Kernbrennstoff verbraucht haben? Mit diesem Problem beschäftigte sich Robert Oppenheimer, der später durch den Bau der Atombombe bekannt wurde. 1939 zeigte er in zwei zusammen mit George Volkoff und Hartland Snyder verfassten Arbeiten, dass ein solcher Stern nicht durch den nach außen gerichteten Druck stabilisiert werden kann. Wenn man den Druck in der Rechnung ignoriert, zieht sich ein kugelförmiger, symmetrischer Stern gleichförmiger Dichte zu einem einzigen Punkt von unendlicher Dichte zusammen. Einen solchen Punkt bezeichnen wir als Singularität.

DS: Eine Singularität entsteht, wenn ein riesiger Stern zu einem unvorstellbar kleinen Punkt zusammengepresst wird. Dieses Konzept ist ein zentrales Thema in Stephen Hawkings wissenschaftlicher Laufbahn. Es betrifft nicht das Ende eines Sterns, sondern auch, weit grundsätzlicher, die Geburt des gesamten Universums. Die weltweite Aner-

kennung als Wissenschaftler verdankt Hawking seinen mathematischen Arbeiten zu diesem Thema.



Alle unsere Raumtheorien gingen von der Annahme aus, die Raumzeit sei glatt und fast flach, daher versagten sie an der Singularität, wo die Krümmung der Raumzeit unendlich ist. Tatsächlich bedeutet die Singularität das Ende der Zeit selbst, ein Umstand, den Einstein äußerst anstößig fand.

DS: Nach Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie verzerren Objekte die Raumzeit in ihrer Umgebung. Stellen Sie sich eine Bowlingkugel auf einem Trampolin vor, die die Form des Materials verändert und dadurch bewirkt, dass kleinere Objekte in ihre Richtung rutschen. So erklärt man die Wirkung der Gravitation. Aber wenn die Bahnen in der Raumzeit immer steiler werden und die Krümmung schließ-

lich gegen unendlich geht, lassen sich die üblichen Gesetze von Raum und Zeit nicht mehr anwenden.

Dann brach der Zweite Weltkrieg aus. Die meisten Forscher, unter ihnen auch Robert Oppenheimer, wandten ihre Aufmerksamkeit der Kernphysik zu, woraufhin das Problem des Gravitationskollapses weitgehend in Vergessenheit geriet. Erst mit der Entdeckung ferner Objekte, die als Quasare bezeichnet wurden, lebte das Interesse an dem Gegenstand wieder auf.

DS: Quasare sind die hellsten Objekte im Universum und möglicherweise auch die fernsten, die bislang entdeckt wurden. Der Name ist ein Kurzwort für «quasistellare Radioquellen». Man hält sie für scheibenförmige Ansammlungen von Sternen, die um Schwarze Löcher kreisen.

[...]