**Stephen Hawking**

**Der Herr der Schwarzen Löcher**

von Christian Speicher 6.1.2017

<http://www.nzz.ch/wissenschaft/stephen-hawking-der-herr-der-schwarzen-loecher-ld.138173>

**Am Wochenende wird der Physiker und Kosmologe Steven Hawking 75 Jahre alt. Schwarze Löcher haben ihn berühmt gemacht. Und auch heute noch treiben sie ihn um.**



*Der berühmte Physiker und Kosmologe Stephen Hawking in einer Aufnahme aus dem Jahr 1987. (Bild: Stephen Shames / Polaris / laif)*

Der Physiker Stephen Hawking ist ein Phänomen. Ohne Zweifel gibt es Wissenschaftler, die mehr publizieren als er. Und die Arbeiten, die seinen wissenschaftlichen Ruhm begründen, liegen bereits Jahrzehnte zurück. Trotzdem gibt es wohl keinen anderen Forscher, der dermassen populär ist wie Hawking. Mit seinem Bestseller «Eine kurze Geschichte der Zeit» hat er es geschafft, einem Millionenpublikum die Mysterien des Universums näherzubringen. Seither haftet ihm der Ruf des Genies an, dessen Geist über die Unzulänglichkeiten seines Körpers triumphiert und einsame Höhen erklimmt.

Dabei ist Hawking, der am 8. Januar seinen 75. Geburtstag feiert, alles andere als ein weltentrückter Wissenschaftler. Während andere Forscher die Öffentlichkeit scheuen, kennt er keine Berührungsängste. Hawking hatte Gastauftritte in prominenten Fernsehserien wie «Raumschiff Enterprise» oder «The Big Bang Theory», und er wirkte als Berater bei der Verfilmung seines Lebens mit. Auch Begegnungen mit Prominenten (die sich nur zu gerne in seinem Glanz sonnen) weicht er nicht aus.

Vor allem aber nimmt Hawking Anteil an dem, was um ihn herum geschieht. Das Publikum weiss das zu schätzen. Egal, ob er gegen den Brexit Stellung bezieht, die Besiedelung ferner Welten propagiert oder vor der Selbstausrottung der Menschheit warnt; stets darf Hawking mit Aufmerksamkeit rechnen.

**Ein fauler Student**

Dass Hawking einmal eine Berühmtheit werden würde, liess sein schulischer Werdegang zunächst nicht erahnen. Er selber beschrieb sich als mittelmässigen Schüler und faulen Studenten, der während seines Grundstudiums an der Oxford University kaum mehr als eine Stunde am Tag gelernt habe. In dieser Hinsicht gibt es durchaus Parallelen zu Albert Einstein, mit dem Hawking oft verglichen wird. Eine der vielen Anekdoten, die sich um Hawking ranken, besagt, dass er in der Abschlussprüfung nur deshalb die für ein weiterführendes Studium in Cambridge notwendige Höchstnote erhalten habe, weil er damit gedroht habe, anderenfalls an der Oxford University zu bleiben.

**Es ist eine Zeitverschwendung, mich über meine Behinderung zu ärgern. Das Leben muss weitergehen.**

Erst als Hawking 1962 im Alter von 20 Jahren an der Cambridge University zu doktorieren begann, blitzte seine ausserordentliche Begabung auf. Zunächst musste er allerdings einen schweren Schicksalsschlag verkraften. Im Alter von 21 Jahren wurde bei ihm eine unheilbare und schnell fortschreitende Erkrankung des motorischen Nervensystems diagnostiziert, die zu Sprachstörungen und Lähmungserscheinungen führt. Die niederschmetternde Mitteilung, dass er möglicherweise nur noch wenige Jahre zu leben habe, liess Hawking am Sinn seines Studiums zweifeln. Mit der Zeit setzte sich allerdings eine Haltung durch, die Hawking später so in Worte fasste: «Es ist eine Zeitverschwendung, mich über meine Behinderung zu ärgern. Das Leben muss weitergehen. Und ich habe das nicht schlecht hinbekommen.»





*Von allen lebenden Physikern ist Stephen Hawking wohl der berühmteste. Sein Buch «Eine kurze Geschichte der Zeit» ist ein populärwissenschaftlicher Klassiker. Er leidet an einer degenerativen Nervenerkrankung (ALS) und ist schon lange auf einen Rollstuhl angewiesen. Nach der Diagnose seiner Krankheit 1963 gaben ihm die Ärzte nur noch wenige Jahre zu leben. Nun feiert Stephen Hawking am 8. Januar 2017 seinen 75. Geburtstag.*

**Die ersten Schritte zum Ruhm**

In seiner Doktorarbeit beschäftigte sich Hawking mit dem Urknall-Modell, das damals noch nicht allgemein akzeptiert war. Viele Forscher störten sich an der Vorstellung, dass unser Universum aus einer Singularität, also einem Punkt unendlicher Dichte, hervorgegangen sein soll. Möglicherweise, so wurde argumentiert, lasse sich diese unphysikalische Konsequenz der allgemeinen Relativitätstheorie vermeiden.

Zusammen mit Roger Penrose konnte Hawking beweisen, dass dies nicht der Fall ist. Die Gleichungen der allgemeinen Relativitätstheorie führen zwingend zu einer Singularität, wenn man die zeitliche Entwicklung des Universums rückwärtslaufen lässt. Damit hatten die beiden den ersten handfesten Hinweis darauf gefunden, dass die allgemeine Relativitätstheorie nicht unbegrenzt gültig sein kann und zur Beschreibung des Urknalls durch eine Quantentheorie der Gravitation ersetzt werden muss.

Mit seiner Doktorarbeit verschaffte sich der junge Hawking in Fachkreisen Anerkennung. Wirklich berühmt machten ihn allerdings seine Arbeiten zu Schwarzen Löchern. Laut allgemeiner Relativitätstheorie entsteht ein Schwarzes Loch, wenn ein massereicher Stern kollabiert und die Raumzeit in seiner Umgebung so stark krümmt, dass nicht einmal Licht der Schwerkraft entrinnen kann. Alles, was sich innerhalb des sogenannten Ereignishorizonts eines Schwarzen Lochs abspielt, bleibt deshalb für einen Aussenstehenden verborgen.

Hawking war mit diesen Vorstellungen durchaus vertraut. Aus seinen Arbeiten zur Urknall-Singularität wusste er aber, dass die allgemeine Relativitätstheorie nicht die ganze Wahrheit sein kann, solange man keine Brücke zum zweiten Stützpfeiler der modernen Physik, der Quantentheorie, schlägt. Eine solche Theorie der Quantengravitation gibt es bis heute nicht. Deshalb begnügte sich Hawking seinerzeit mit einer Näherung.

Laut Quantentheorie ist der leere Raum nicht wirklich leer. Aus dem Nichts heraus entstehen Teilchenpaare, die sich nach kürzester Zeit gegenseitig wieder vernichten. Man nennt die Teilchen deshalb virtuell. Hawking fragte sich, wie sich die Gravitation eines Schwarzen Lochs auf dieses brodelnde Vakuum auswirkt. Er erkannte: Wenn ein virtuelles Teilchenpaar in unmittelbarer Nähe des Ereignishorizonts entsteht, kann es passieren, dass das eine Teilchen vom Schwarzen Loch verschluckt wird, während das andere als reales Teilchen entkommt. Im Klartext bedeutet das: Ein Schwarzes Loch ist nicht vollkommen schwarz, es strahlt wie ein heisser Körper und verliert dabei Energie. Mit der Zeit sollte das Schwarze Loch vollständig verdampfen.



*Das Prinzip der Hawking-Strahlung: Im Vakuum entstehen immer Teilchenpaare, die sich sofort wieder vernichten. Wird jedoch eines der Teilchen vom Schwarzen Loch verschluckt, kann das andere entkommen. (Bild: University of Texas)*

Zuerst wollte Hawking diese Schlussfolgerung nicht akzeptieren. Denn sie widersprach einem Theorem über Schwarze Löcher, das er wenige Jahre zuvor abgeleitet hatte. Doch er konnte keinen Fehler in seinen Berechnungen finden und entschloss sich deshalb, sie zu publizieren. Damit katapultierte er sich endgültig in die Ruhmeshalle der Physik. Zugleich stiess er mit seiner Arbeit eine Debatte an, die bis heute hohe Wellen schlägt.

Dabei geht es um die Frage, was mit der Information passiert, die sich im Laufe der Zeit in einem Schwarzen Loch ansammelt. Laut einem mathematischen Theorem ist ein Schwarzes Loch durch seine Masse, seine elektrische Ladung und seinen Drehimpuls vollständig charakterisiert. Man sagt auch, das Schwarze Loch habe keine Haare, und meint damit, dass man einem Schwarzen Loch von aussen nicht ansieht, was es verschluckt hat.

**Wo bleibt die Information?**

Was aber passiert mit dieser Information, wenn das Schwarze Loch verdampft? Mit der Hawking-Strahlung kann sie nicht entweichen, denn die enthält keine Informationen über die Beschaffenheit der Materie, die das Schwarze Loch verschluckt hat. Hawking vertrat die Ansicht, dass mit dem Verdampfen des Schwarzen Lochs auch die Information verloren geht. Damit stellte er implizit die Quantentheorie infrage, die einen solchen Informationsverlust kategorisch verbietet. Andere Forscher widersprachen ihm vehement, allen voran der Physiker John Preskill. In einer Wette mit Hawking und dem Physiker Kip Thorne vertrat Preskill 1997 die Position, dass eine zukünftige Theorie der Quantengravitation Wege aufzeigen werde, wie die Information zu retten sei.

Im Detail kennt man diese Wege auch heute noch nicht. Trotzdem hat sich bei den meisten Forschern die Ansicht durchgesetzt, dass die Information erhalten bleibt. Auch Hawking änderte im Jahr 2004 seine Meinung – und beglich seine Wettschuld. Es sollte nicht die letzte Kehrtwende bleiben, die Hawking in dieser Frage vollzog. Im Jahr 2014 schlug er eine neue Lösung des Informations-Paradoxons vor. Sie läuft darauf hinaus, dass beim Kollaps eines Sterns zu einem Schwarzen Loch gar kein echter, sondern nur ein scheinbarer Ereignishorizont entsteht, der sich mit der Zeit auflösen kann. Inzwischen ist aber auch das Schnee von gestern. Zusammen mit Andrew Strominger und Malcolm Perry hat Hawking kürzlich die Frage aufgeworfen, ob Schwarze Löcher möglicherweise doch (weiche) Haare haben, die auf dem Ereignishorizont wachsen und als holografischer Informationsspeicher dienen.

Dass Hawking in der Vergangenheit verschiedene Ansätze zur Lösung des Informations-Paradoxons verfolgt und einige wieder verworfen hat, sollte man ihm nicht übelnehmen. Es zeugt davon, dass er auch im Alter von 75 Jahren noch nicht zum Dogmatismus neigt und offen für neue Entwicklungen ist. Das unterscheidet ihn von Einstein, der sich nie mit den Konsequenzen der von ihm mitbegründeten Quantentheorie anfreunden konnte.

Auch in anderer Hinsicht ist sich Hawking treu geblieben. Immer noch ist es ihm ein Anliegen, seine Forschung einem breiten Publikum näherzubringen. So hat er vor einem Jahr die «Reith Lectures» gehalten, eine per Radio ausgestrahlte jährliche Vortragsreihe der BBC, die inzwischen auch in Buchform erschienen ist (auf Deutsch bei Rowohlt). Mit der unverwechselbaren Stimme seines Sprachcomputers lässt er Revue passieren, wie sich unser Bild von den Schwarzen Löchern in den letzten 50 Jahren gewandelt hat – und vermutlich weiter wandeln wird.