

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 76 (2018)
Heft: 3

Artikel: Das Orakel der Astrophysik ist verstummt : er wird fehlen
Autor: Geiger, Hansjürg
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-914018>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 16.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Das Orakel der Astrophysik ist verstummt

Er wird fehlen

■ Von Hansjürg Geiger

STEPHEN W. HAWKING war einer der einflussreichsten Physiker aller Zeiten. Wie wenige andere prägte er das Denken der Theoretischen Physik seit über 50 Jahren. Trotzdem hat er nie einen Nobelpreis erhalten. Nun ist die Stimme aus der Maschine endgültig verhallt.

«Ich fühlte, dass sich bisher kein Buch mit den Fragen auseinandersetzte, die mich zur Forschung in der Kosmologie und Quantentheorie führten: Woher kommt das Universum? Wie und warum entstand es?»

STEPHEN W. HAWKING. 1988, *A Brief History of Time*, Bantam Press

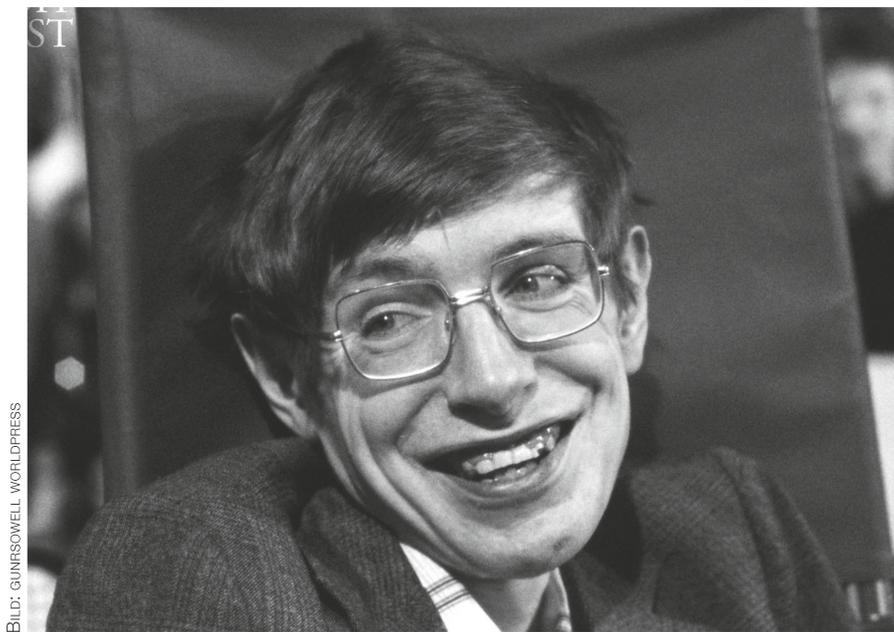


BILD: GUNRSOWELL, WORLDPRESS

Abbildung 1: STEPHEN WILLIAM HAWKING (*8.1.1942 bis †14.3.2018).

Ein «Rockstar der Wissenschaft» war er, ja, aber kaum «Der EINSTEIN des 21. Jahrhunderts», wie eine bekannte schweizerische illustrierte Zeitschrift titelte. Denn erstens hat er seine einflussreichsten Arbeiten als junger Mann in den 1960er und 70er Jahren veröffentlicht, zweitens korrigierte er wichtige Aussagen seiner frühen Schriften, vielleicht etwas voreilig. Und drittens gelang es ihm nicht, den ganz grossen Wurf zu landen, die Ableitung der Theorie von Allem. HAWKING verdanken wir aber tiefe, überraschende und oft völlig verwirrende neue Einsichten über die grundlegenden Eigenschaften unseres Universums. Und obwohl seine Erkenntnisse noch längst nicht in allen Konsequenzen verstanden, die Auswirkungen seiner Entdeckungen nicht alle gesi-

chert sind, gilt er völlig zu Recht als eine der prägendsten Persönlichkeiten der modernen Naturwissenschaften.

Im Kerker seines Körpers

Das Fundament seiner enormen Berühmtheit legte der Astrophysiker, nebst den teilweise revolutionären wissenschaftlichen Originalarbeiten, mit seinen populärwissenschaftlichen Büchern, seinen zahllosen Interviews in allen Medien, seinem Mitwirken in Musiktiteln und seinen Fernsehauftritten in so bekannten Serien wie *The Big Bang Theory*, *The Simpsons* sowie *Star Trek TNG*. In der Folge *Angriff der Borg – Teil 1* spielte er sich als einzige Person im gesamten Star-Treck-

Universum selbst, in einer Pokerrunde mit ISAAC NEWTON, ALBERT EINSTEIN und dem Androiden DATA. HAWKING gewinnt. Eine Szene, die nicht nur Trekkies gesehen haben sollten. Was ihm aber endgültig Kultstatus verschaffte, das war die Art und Weise, wie er mit unbändigem Willen die Einschränkungen, die ihm seine Erkrankung aufzwingen, meisterte und trotz dieser Behinderungen rege am öffentlichen Leben teilnahm. Und man wollte ihn hören, wollte seine Meinung erfahren, nicht nur zu Themen der Astrophysik, nein, immer wieder auch zu gesellschaftlichen Entwicklungen, wie beispielsweise der Politik im Nahen und Mittleren Osten, den Folgen eines Kontaktes mit Aliens, den Gefahren ruchloser Roboter und über die aktuelle Umweltpolitik. Es war schon eindrücklich, wie die Medienvertreter, aber auch seine Fachkollegen und die wenigen Kolleginnen, beinahe andächtig auf die Worte warteten, die langsam aus dem Lautsprecher seines Sprechcomputers ertönten.

Die gesundheitlichen Probleme begannen schon während seiner Zeit als Doktorand in Cambridge. Im Jahre 1962, kaum 21 Jahre alt, wollte er bei FRED HOYLE, der damaligen Ikone der Astrophysik in England, seine wissenschaftliche Karriere beginnen. HAWKING scheiterte bei der Aufnahme, was nachträglich gesehen möglicherweise ein Glücksfall war. Statt beim überbeschäftigten HOYLE konnte er nun von der viel intensiveren Betreuung bei DENNIS SCIAMA profitieren, einem damals noch wenig bekannten Physiker. Im selben Jahr kam für HAWKING die niederschmetternde Diagnose: Er litt an amyotropher Lateralsklerose, einer unheimlichen Krankheit, bei

«In unserer Gesellschaft ist es für Eltern und Lehrer noch immer üblich, die (wichtigsten) Fragen mit einem Achselzucken oder mit einem nebulösen Hinweis auf religiöse Gebote zu beantworten.»

CARL SAGAN. 1988, Einleitung zu *A Brief History of Time*, Bantam Press

der die Motoneurone relativ schnell abgebaut werden und dem Patienten zunehmend jede Bewegungsfähigkeit rauben. Die Ärzte gaben ihm zwei Jahre. Zum Glück für HAWKING und uns alle zeigte es sich aber bald, dass er an einer eher langsam fortschreitenden Form erkrankt war, die ihm aber trotzdem schon bald die Eigenständigkeit nahm und ihn an den Rollstuhl fesselte. Damit nicht genug, zog er sich 1985 bei einem Besuch am CERN in Genf eine schwere Lungenentzündung zu, an der er beinahe verstarb. Eine Atemblockade konnte nur mittels Luftröhrenschnitt überwunden werden. Die Folgen waren ebenso bleibend wie persönlich katastrophal. HAWKING konnte nicht mehr sprechen. Seiner Bewegungsfähigkeit und seiner Sprache beraubt, mit seinem genialen Geist eingeschlossen in einem verkrüppelten Körper, blieb ihm nur noch die Möglichkeit, seine Augenbraue hochzuziehen, wenn ihm ein Helfer auf einer Tafel den richtigen Buchstaben zeigte. Eine schier unmenschliche Anstrengung um zu kommunizieren und ein riesiges Hindernis, um seine Arbeiten voranzutreiben. In einem Gebiet forschend, wo andere Wissenschaftler ausgerüstet mit Notizmaterial, Wandtafeln und Computern ihre liebe Mühe mit der Materie haben, war er darauf angewiesen, alles in seinem Kopf zu formulieren und der Umwelt tröpfchenweise mitzuteilen. Seine Situation verbesserte sich etwas, als ihm ein erster Sprechcomputer zur Verfügung stand. Trotz diesen unvorstellbaren Einschränkungen erschien 1988 sein Buch *«A Brief History of Time – From the Big Bang to Black Holes»* und schlug ein wie eine Bombe. Übersetzt in 35 Sprachen und verkauft in über 10 Millionen Exemplaren



BILD: MARTIN POPE, THE TELEGRAPH

Abbildung 2: STEPHEN HAWKING heiratete 1965 seine erste Frau, JANE WILD. Das Paar bekam drei Kinder. Bereits damals waren die Krankheitszeichen deutlich spürbar. Bei der Niederschrift seiner Dissertation 1966 war HAWKING auf Helfer angewiesen.

wurde das Werk zu einem internationalen Bestseller der Extraklasse. Mit der Hilfe von PETER GUZZARDI, seinem Verleger, formulierte HAWKING aus einem kaum verständlichen, rund 100 Seiten umfassenden Manuskript, ein Buch, dessen Einfluss bis heute nachhallt, obwohl es keine

leichte Lektüre ist. HAWKING meinte, es sei wohl eines der am besten verkauften, aber am wenigsten gelesene Buch aller Zeiten. Mit fortschreitender Erkrankung konnte sich HAWKING gegen Ende seines Lebens nur noch über einen Infrarotsensor in seiner Brille ver-

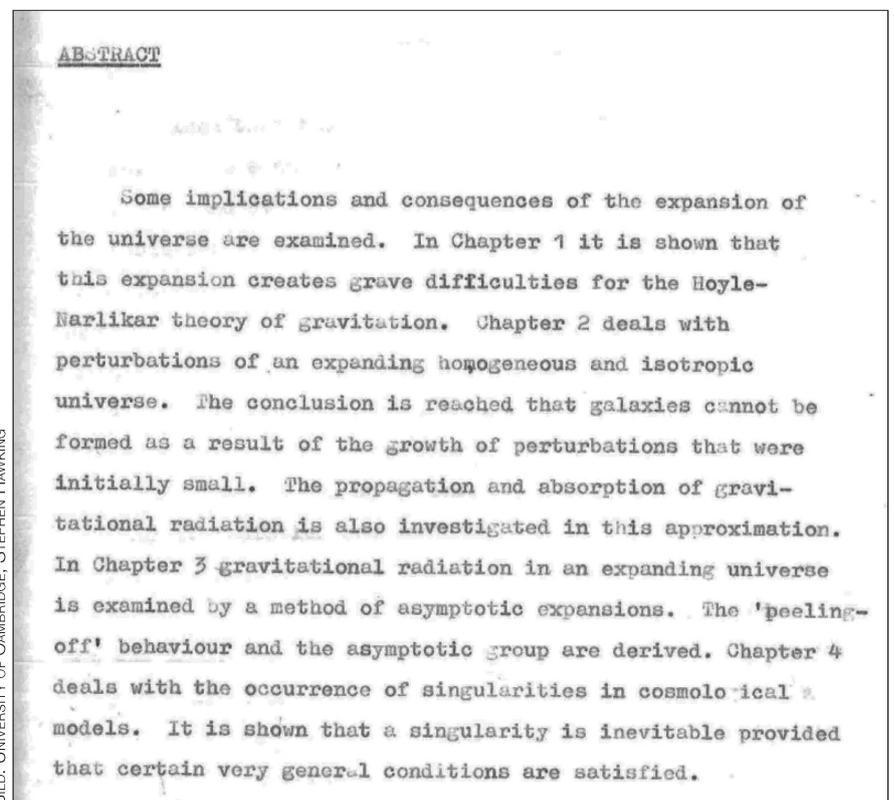


BILD: UNIVERSITY OF CAMBRIDGE, STEPHEN HAWKING

Abbildung 3: Originalabbildung der Zusammenfassung aus der Dissertation von STEPHEN HAWKING 1966. Titel: *Properties of expanding universes*.

ständig machen. Eine leichte Anspannung des rechten Wangenmuskels veränderte einen Infrarotstrahl und löste einen Schalter aus, mit welchem er den Sprechcomputer steuerte. Sechs Wörter pro Minute schaffte er so, eine Geduldprobe für seine Gesprächspartner, für ihn aber das einzige Fenster zu den Mitmenschen.

Kosmische Müllschlucker

STEPHEN HAWKINGS zentrales Interesse galt der Gravitation und den Schwarzen Löchern. Als er mit seiner Doktorarbeit in den 1960er Jahren begann, galten Schwarze Löcher als interessante Abstrusitäten. Weil aber niemand eine Möglichkeit sah, diese Objekte auch wirklich zu beobachten und zu untersuchen, kümmerte sich kaum ein Wissenschaftler um ihre besonderen Eigenschaften. Es ist HAWKINGS Verdienst, die tieferliegende Bedeutung dieser Monster für unser Verständnis des Universums erkannt zu haben. HAWKING beschrieb die Schwarzen Löcher einmal als «Amok laufende Gravitation».

Die Erforschung der Gravitation begann im 17. Jahrhundert, als ISAAC NEWTON die klassische Mechanik begründete. NEWTON stellte sich die Gravitation als eine Kraft vor, die von jedem Objekt ausgeht. Ihre Stärke wird durch die Masse des Körpers bestimmt. ALBERT EINSTEIN räumte diese Vorstellung beiseite, indem er die Gravitation nicht mehr

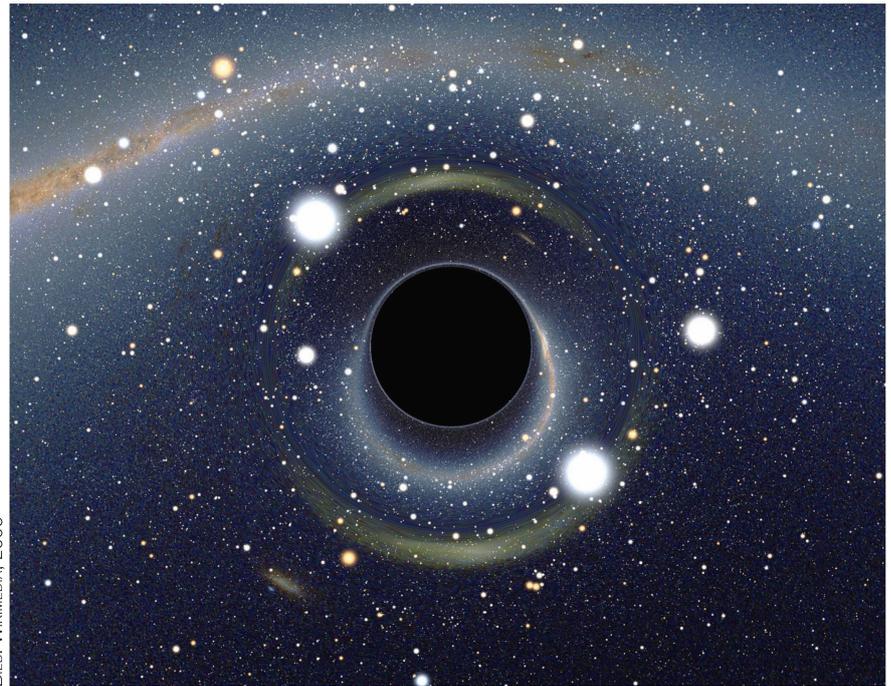


BILD: WIKIMEDIA, 2006

Abbildung 4: Zeichnerische Darstellung eines Schwarzen Lochs vor der Großen Magellan'schen Wolke. Das Schwarze Loch wirkt wie eine Linse und erzeugt eine Reihe von stark verzerrten Bildern der Galaxie, bekannt als EINSTEIN-Ring. Nach aussen begrenzt der Ereignishorizont das Energiemonster. Ab dieser Zone ist die Gravitation so stark, dass auch Licht diese Grenze nicht mehr überwinden kann.

als eine Kraftwirkung betrachtete, sondern als eine Eigenschaft von Raum und Zeit, die auf Massen reagieren und sich unter ihrem Einfluss «verbiegen». Bewegt sich ein Körper durch diese komplizierte «Landschaft», so beeinflusst er diese und versucht, den kürzesten Weg durch die Raumzeit zu finden. Der Mond und die Erde beispiels-

weise ziehen sich nach dieser Sichtweise nicht gegenseitig an, sie verformen die Raumzeit und bewegen sich durch die von ihnen, der Sonne und den anderen Planeten verbogene Terrain, ähnlich wie die Münze eines appenzellischen Tellerschwingers, aber aus fundamental anderen Gründen.

HAWKING erkannte früh, dass auch die Formeln von ALBERT EINSTEIN nicht die ganze Wirklichkeit abbilden. EINSTEINS Allgemeine Relativitätstheorie beschreibt zwar perfekt den Raum und die Zeit in grossen Massstäben, versagt aber bei der Erklärung des Verhaltens der Materie in den kleinsten Dimensionen. Hier setzt die Quantentheorie ein, eine ebenso gut gesicherte Beschreibung der Realität wie EINSTEINS Relativitätstheorie. HAWKING war überzeugt, es müsse eine Verbindung zwischen diesen beiden Betrachtungsweisen geben, eine Theorie also, welche die beiden grossen Gedankengebäude vereint. Eine Theorie von Allem. Schwarze Löcher faszinierten HAWKING vor allem deswegen, weil sie mit dem frühesten Stadium des Universums eines gemeinsam haben, die Singularität. Unter der Annahme, dass es den Urknall wirklich gab, muss es



BILD: NASA, CHANDRA RÖNTGENTELESKOP

Abbildung 5: Im Zentrum der Galaxie M81 liegt ein Schwarzes Loch mit der Masse von mindestens 70 Millionen Sonnen.



Abbildung 6: HAWKING spielt auf dem Holodeck der USS Enterprise Poker mit EINSTEIN, NEWTON und dem Androiden DATA.

zu Beginn von Raum und Zeit einen mathematischen Punkt gegeben haben, aus welchem unser ganzes Universum entstand. Einen ähnlichen Punkt gibt es auch im Zentrum von Schwarzen Löchern. Die in ihnen konzentrierte Materie ist derart riesig, dass sie die Raumzeit zu einem Punkt krümmt. Fällt Materie in ein schwarzes Loch, verschwindet sie unwiederbringlich in dieser Singularität.

In einiger Distanz zur Singularität muss es eine schmale Zone geben, die, einmal überschritten, keine Rückkehr mehr erlaubt. HAWKING verglich diesen Ereignishorizont immer wieder mit einem Wasserfall. Fährt ein Sportler mit seinem Kanu in die Nähe des Wasserfalls, so kann er mit enormer Kraftanstrengung den Sturz über den Fall vermeiden, solange er nicht über die Kante gerät. Passiert dies, so nützen ihm keine Paddelbewegungen mehr, er verschwindet in der Tiefe, im Schwarzen Loch.

Zarte Saiten der Mutter aller Monster

Die Materie aus der Nähe eines Schwarzen Lochs, so schien es für die Wissenschaftler lange Zeit lo-

«HAWKINGS Erbschaft wird sein, dass er den Finger auf die Schlüsselprobleme in der Suche nach einer «Theorie für alles» gelegt hat.»

RAPHAEL BOUSSO. University of California Berkeley, *New Scientist*, 24.3.2018

gisch, müsste also im Laufe der Zeit die kosmischen Ungetüme ständig wachsen lassen. Tatsächlich scheint die Existenz supermassiver Schwarzer Löcher in den Zentren der Galaxien diese Vorstellung zu bestätigen. Hier nun aber kommt HAWKINGS wohl grösste Erkenntnis ins Spiel. Er konnte zeigen, dass die Schwarzen Löcher über kurze Phasen tatsächlich immer fetter werden. Über wahrlich kosmische Zeiten hinweg aber, über Dimensionen, unter denen das heutige Alter des Universums keine Rolle spielt, dominieren am Ereignishorizont Quantenvorgänge, welche die Schwarzen Löcher langsam schrumpfen lassen – bis sie explodieren.

Die dabei ablaufenden Vorgänge sind mit unserer Alltagserfahrung

schwer nachvollziehbar. In der Welt der Quanten, der kleinstmöglichen Teilchen und Energien also, laufen aber Prozesse ab, die zu seltsamen Geschehnissen führen, die uns oft sogar spukhaft erscheinen mögen. So etwas wie leeren Raum gibt es beispielsweise in der Quantenwelt nicht. Im Quantenuniversum tauchen Teilchen immer wieder ganz spontan auf – und verschwinden wieder. Und ähnlich wie in der Fernsehwerbung einer Partnervermittlung tun sie dies immer paarweise. Zudem sind sie, das Teilchen und das Antiteilchen, miteinander verbunden, in der Sprache der Quantentheorie verschränkt. Passiert es ihnen nun, dass sie in der Nähe eines Schwarzen Lochs erscheinen, so kann dies zu einem seltsamen Effekt führen. Es ist nämlich möglich, dass eines der beiden Teilchen über den Ereignishorizont stürzt, das andere sich aber «freistram-peln» kann. Und dann wird's richtig bizarr. Weil die beiden Teilchen miteinander verschränkt sind, kann jenes Teilchen, das sich retten konnte, nicht einfach wieder im Vakuum verschwinden. Dazu fehlt ihm sein Partnerteilchen. Das gerettete Teilchen entflieht einsam und verlassen im All. Von Weitem betrachtet fliegt also ein Teilchen aus der

Umgebung des Schwarzen Lochs weg. Unser Verstand würde nun annehmen, dass das Schwarze Loch mit dem aufgenommenen Teilchen wächst. Es hat sich ja etwas einverleibt und das entwichene Teilchen stammt nicht aus dem Schwarzen Loch, sondern aus seiner Umgebung. Wegen den Quanteneigenschaften der kleinen Teilchen verliert aber das Schwarze Loch etwas an Masse. Es wird leichter, extremst wenig nur, aber eben doch. Seltsam, nicht wahr?

Das war sogar für viele Wissenschaftler zu verrückt. Auch für STEPHEN HAWKING. Überzeugt, dass von J. D. BEKENSTEIN 1973 aus thermodynamischen Gründen vermutete Schrumpfen der Schwarzen Löcher widerlegen zu können, wollte er die Geschichte mit quantenmechanischen Berechnungen überprüfen. Aber siehe da, zu seinem grossen Erstaunen musste er alsbald anerkennen, dass auch die Quantenmechanik eine Wärmestrahlung aus den Schwarzen Löchern erzwingt. Ein Schwarzes Loch ist also nicht wirklich schwarz, es verliert Masse und strahlt Energie ab.

Die Existenz dieser Strahlung, der HAWKING-Strahlung, ist heute allgemein anerkannt. Und weil auch viel Kleinvieh viel Mist macht, summiert sich dieser winzige Verlust über wirklich, wirklich lange Zeiträume und wird auch die allermassivsten Schwarzen Löcher im Zentrum der Galaxien schrumpfen lassen. Dabei verlieren sie immer mehr Masse, ihre Strahlung verstärkt sich, sie werden heisser, bis sie explodieren. Heutige Schwarze Löcher sind derart massiv und kalt oder fast ganz schwarz, dass ihre Strahlung auch mit modernsten Messgeräten nicht nachgewiesen werden kann. Einer der Hauptgründe, weswegen HAWKING keinen Nobelpreis erhalten hat.

Gibt es die Theorie von Allem?

Eine andere Idee von STEPHEN HAWKING hat in den letzten 40 Jahren für sehr viel mehr kontroverse Diskussionen gesorgt. 1976 veröffentlichte er eine Arbeit, in welcher er zum Schluss kam, dass mit der HAWKING-Strahlung auch alle Informationen der vom Schwarzen Loch verschluckten Teilchen zerstört werden, obwohl die Quantenmechanik dies verbietet. Die Debatte schwankt

bis heute hin und her. Klar ist nur, dass die Lösung dieses schwierigen Problems den Kern für eine Theorie von Allem bedeuten kann. HAWKING selbst blieb fast 30 Jahre lang der Überzeugung, die Information gehe verloren, bis er 2004 an einem Kongress verkündete, er sei nun auch der Meinung, Schwarze Löcher könnten keine Information verlieren. Sein Schwenker kam möglicherweise zu früh. Neuere theoretische Überlegungen scheinen die Meinungen wieder in die andere Richtung zu drängen, hin zu HAWKINGS ursprünglichen Schussfolgerungen.

Auch wenn drängende Fragen um das Schicksal kleinster Teilchen am Ereignishorizont von Schwarzen Löchern nach wie vor unbeantwortet sind, so scheint es, sei die Erforschung dieser Phänomene unsere beste Chance, eine Vereinigung der Quantentheorie mit der Gravita-

tionstheorie zu erreichen. HAWKING war sich sicher, es müsse eine solche Theorie von Allem geben, schliesslich gibt es ja auch nur eine Natur und es wäre seltsam, wenn diese Natur auf der Basis von zwei unvereinbaren Grundlagen funktionieren würde.

Aber eben, es war ja gerade der grosse Geist von STEPHEN HAWKING, der uns gezeigt hat, wie unzuverlässig unsere scheinbar logischen Überlegungen vor der Wirklichkeit der abstrusen Welt der kleinsten Teilchen sind. Dürfen wir uns also auf weitere, scheinbar unverdauliche Erkenntnisse über die Funktionsweise der Natur freuen? Oder haben wir gar erst an der Oberfläche der «wirklich wahren Wirklichkeit» gekratzt? HAWKING hat Grossartiges geleistet, einiges erklärt, aber auch noch viel Arbeit für künftige Genies hinterlassen. – Seien wir ihm dafür dankbar! ■



BILD: THOMAS BÄKER

Die «Hauptprobe» gab es letztes Jahr

Am 7. August 2017 konnte in der Abenddämmerung eine kleine partielle Mondfinsternis beobachtet werden, gewissermassen als Einstimmung auf die bevorstehende totale Finsternis am 27. Juli. Viel anders wird die Situation im Moment der «Blauen Stunde» nicht sein, stimmungsvolle Bilder mit der Landschaft im Vordergrund sind garantiert!

Der angeknabberte Vollmond tauchte an jenem Montagabend, durch die Refraktion ziemlich deformiert, am Südosthorizont auf. Wie zu erwarten war, sorgte die Extinktion visuell für eine wesentlich grössere Abschattung auf der Mondscheibe, da auch die inneren Bereiche des Erdhalbschattens deutlich dunkler erschienen. Am bevorstehenden 27. Juli dürfte mit etwas Glück noch das letzte Verschwinden des Mondes vor Beginn der Totalität erhascht werden. Dazu ist aber ein tiefer und flacher Südosthorizont erforderlich. Für einen Moment wird es dann schwierig sein, die total verfinsterte Mondscheibe am blauen Himmel überhaupt zu sichten. (red)