

Eine Sonnenfinsternis erhellt die Physik: Vor 100 Jahren wurde Albert Einstein zu einem weltweiten Popstar der Wissenschaft im 20. Jahrhundert, als Messungen einen Beweis für die Richtigkeit der Relativitätstheorie erbrachten

Von Matthias Borchardt

Es regnet. Nur mühsam kann Sir Arthur Eddington seine Enttäuschung verbergen. Missmutig blickt der berühmte britische Astronom in den wolkenverhangenen Himmel über der kleinen westafrikanischen Insel Príncipe. Was für einen Aufwand hatte es gekostet, die Expedition in diesen unwirtlichen Teil des Erdballs zu organisieren – und nun das. Der Morgen des 29. Mai 1919 beginnt klamm und wolkenreich. Wenige Stunden noch bis zu dem bedeutsamen Naturereignis – einer totalen Sonnenfinsternis. Sie soll helfen, eine für die Physik entscheidende und weitreichende Frage zu beantworten: Beträgt die Ablenkung des Sternenlichts am Sonnenrand 0,875 Bogensekunden oder genau doppelt so viel, nämlich 1,75 Bogensekunden? Der erste Wert ergäbe sich aus der klassischen Gravitationsphysik Newtons. Der zweite ist das Ergebnis, das Albert Einstein mit Hilfe seiner Allgemeinen Relativitätstheorie (ART) 1916 hergeleitet hatte. Es wäre der zweite wichtige Beweis (nach der Erklärung für die anormale Perihelbahn des Merkur) dieser neuen Theorie, die das Wesen der Schwerkraft auf eine mathematisch äußerst komplexe Art und Weise beschreibt und Ideen enthält, die jegliche Vorstellungskraft zu sprengen scheinen.

Massen deformieren das komplexe Netz von Raum und Zeit. Diese Krümmung der vierdimensionalen Raumzeit, so Einstein, erzeugt die wechselseitige Anziehung der Himmelskörper und bestimmt die Bewegung von Körpern in ihrer Umgebung. Bemerkenswert: Diese ungewöhnliche Beschreibung von Gravitation liefert fast die gleichen Ergebnisse wie die Gravitationslehre Newtons – aber nur fast: Schaut man genauer hin, ergeben sich kleinste Abweichungen, die umso stärker hervortreten, desto größer die Massen sind, mit denen man es zu tun hat. Bei Neutronensternen und Schwarzen Löchern versagt die alte Physik dann völlig und die Relativitätstheorie hat ihren großen Auftritt. Bis heute erweist sie sich als unschlagbar bei der Beschreibung von Struktur und Entwicklung des Weltalls. Zweifel an ihrer Richtigkeit werden angesichts der zahlreichen experimentellen Bestätigungen kaum mehr geäußert.

Vor 100 Jahren war das anders. Einsteins Gedankengebäude erschien den meisten Physikern suspekt – mathematisch in sich durchaus stimmig, aber dass die Natur tatsächlich solch merkwürdi-

gen Konzepten folgen sollte, glaubten nur wenige. Arthur Eddington war einer von ihnen und seine Meinung hatte Gewicht, gehörte er doch zu den einflussreichsten und anerkanntesten Astronomen seiner Zeit. Begeistert von den neuen Ideen Einsteins fiel es ihm daher nicht schwer, die Entscheidungsträger der Universitäten von Cambridge und Greenwich von dem wissenschaftlichen Potenzial der Sonnenfinsternis von 1919 zu überzeugen. Genehmigt wurden schließlich zwei Expeditionen – eine unter seiner Leitung auf die Insel Príncipe und die andere nach Brasilien in den kleinen Ort Sobral. Dort sollte das Team aus Greenwich die verdunkelte Sonne fotografisch ins Visier nehmen.

Einstein selbst kam übrigens auf die Idee, eine Sonnenfinsternis als Test für seine neue Physik zu nutzen. Dass die geradlinige Ausbreitung von Licht durch die Gravitation von Himmelskörpern beeinflusst werden könnte, vermutete

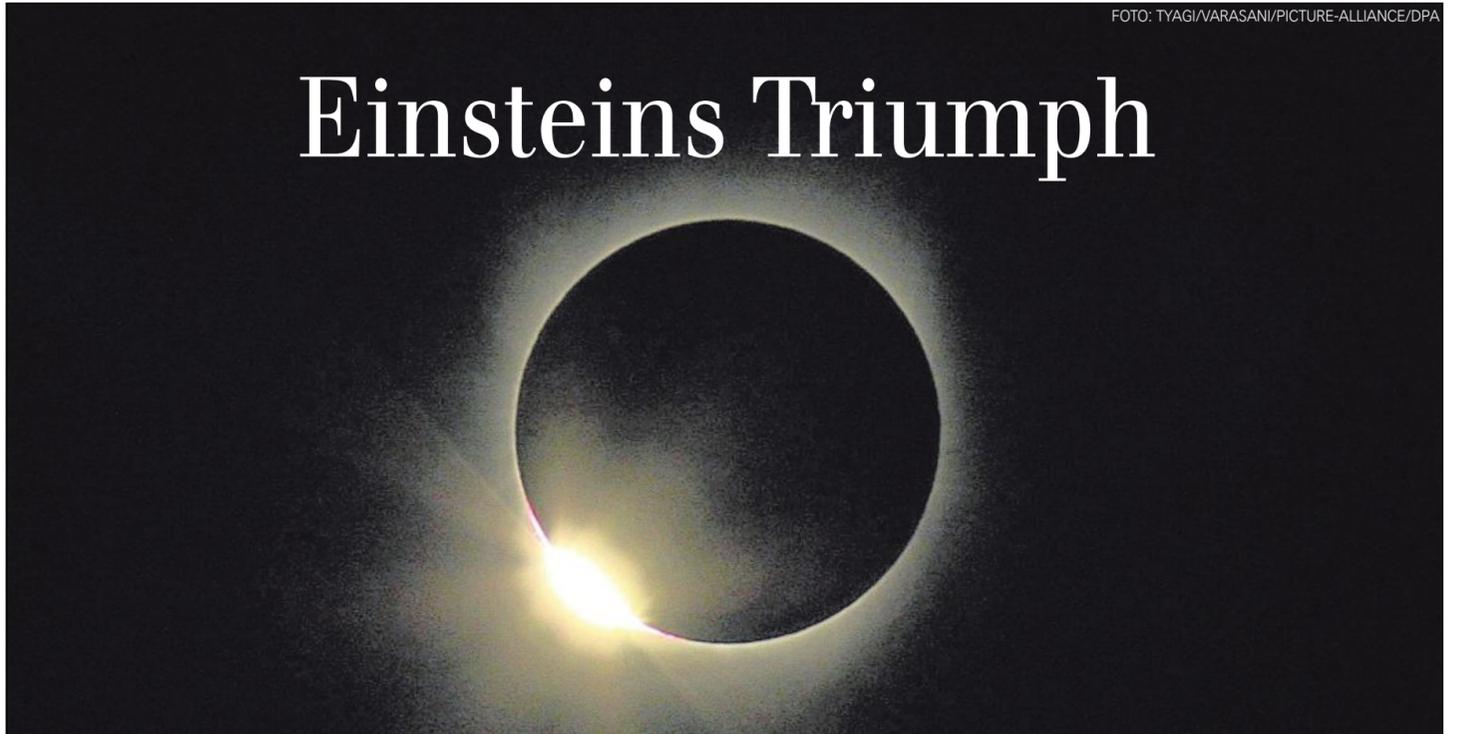
Der Mond verdunkelt die Sonne und hilft bei der Beweisführung

bereits Isaac Newton im 18. Jahrhundert. Das Licht eines Sterns, der knapp neben der Sonnenscheibe am Himmel steht, müsste aufgrund der Gravitation der Sonne um ein winziges Stückchen verschoben erscheinen. Die Gesetze der klassischen Physik sagen dafür eine Ablenkung von besagten 0,875 Bogensekunden voraus. Dies entspricht dem Winkel, unter dem man eine Ein-Euro-Münze in einer Entfernung von etwa fünf Kilometern sieht. Das ist wenig – so wenig sogar, dass die Idee der Lichtablenkung aufgrund der Undurchführbarkeit eines experimentellen Nachweises bald wieder in Vergessenheit gerät. Bis Einstein die wissenschaftliche Bühne betritt. Seine Relativitätstheorie sagt nämlich eine doppelt so große Lichtablenkung am Rand der Sonne voraus. Sterne, die am Himmel in der Nähe der Sonne stehen, wären somit geeignete Testobjekte, um eine Entscheidung zwischen den beiden Voraussagen zu erzielen, zumindest theoretisch.

In Wirklichkeit sind Sterne im Glanz der Sonne natürlich völlig unsichtbar – es sei denn, die Sonnenscheibe könnte komplett abgedunkelt werden. Genau dies leistet der Mond, wenn er sich bei einer totalen Sonnenfinsternis zwischen Sonne und Beobachter schiebt. Wie von Zauberhand werden plötzlich Sterne neben der schwarzen Sonne sichtbar und lassen sich mit entsprechenden Belichtungszeiten auf Fotoplatten bannen. Vergleicht man diese Aufnahmen mit solchen aus einer Zeit, als die Sonne nicht vor diesem Sternfeld stand, sollte die Verschiebung der Sternpositionen erkennbar sein.

So bestechend diese Idee auch erscheinen mag, so unerreichbar stellen sich ihre Erfolgsaussichten dar. Weniger als Fünfhundertstel Millimeter Verschiebung der Sterne auf den Fotoplatten sind zu erwarten. Das ist weniger als die Dicke eines Blattes Papier. Ange-

Einsteins Triumph



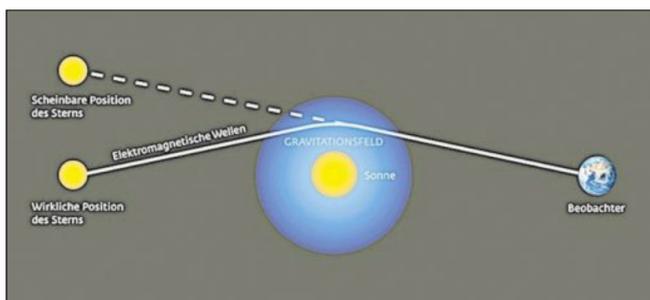
Eine Sonnenfinsternis vor 100 Jahren bestätigte die Allgemeine Relativitätstheorie, die im Kopflabor von Albert Einstein 1916 entstanden war



Der Beginn des „Relativitätsrummels“

Nach der Allgemeinen Relativitätstheorie (ART) krümmen große Massen im Universum Raum und Zeit – die Raumzeit. Das Licht würde sich demnach nicht gleichförmig ausbreiten, sondern der Raumkrümmung folgen. Folglich müssten Sterne, die, von der Erde aus gesehen, in der Nähe der Sonne stehen, ein wenig verschoben erscheinen, weil die Lichtstrahlen durch die Sonnenmasse abgelenkt würden. Um diesen Effekt feststellen zu können, braucht es jedoch eine totale Sonnenfinsternis (siehe Haupttext). Es braucht 1919 fast ein halbes Jahr, um die Experimente auszuwerten. Als am 6. November 1919 die Royal Society in London den „Prüfbericht“ veröffentlicht, bestätigte sie Einsteins Theorie. Dann geht

das neue Weltbild in die Medien, und es beginnt, so nannte es Einstein, der „Relativitätsrummel“. Dieser Rummel wurzelt in einer Mischung aus Faszination und Mystik: Etwas Faszinierend-Unverständliches widerspricht der Alltagserfahrung, wird aber von jenen, die davon etwas verstehen, für „bewiesen“ erklärt – und ist zudem komplett im Kopflabor entstanden. Abraham Pais, Physiker und einer der ersten Einstein-Biografen, glaubt in seinem Werk „Raffiniert ist der Herrgott“, dass nur einer von 100 000 Menschen verstehe, wovon es da wirklich gehe. Nur eine Handvoll, meist Physiker, versteht „es“, während die Öffentlichkeit im Gleichklang von Evidenz und Mystik nur staunen könne. www



sichts der Vielzahl von Störeinflüssen und Fehlerquellen sollte sich der Nachweis solch kleiner Abweichungen daher als ausgesprochen schwierig erweisen.

Eddington und seinen Kollegen ist dies durchaus bewusst. Umso bemerkenswerter ist es, mit welchem Optimismus und mit welchem Vertrauen in ihre experimentellen Fähigkeiten sich die Expeditionsteilnehmer vor 100 Jahren auf

Fotoplatten: Sieben scharfe Sterne begründen Einsteins Ruhm

den Weg machen, um die wenigen Minuten Verdunkelungszeit der Sonne für ihre Präzisionsmessungen zu nutzen.

Zurück auf die Insel Príncipe Ende Mai 1919. Die Tristesse unter den Regenwolken verflüchtigt sich, als sich am Mittag des 29. Mai plötzlich der Himmel ein wenig zu lichten beginnt. Neue Hoffnung keimt auf, und tatsächlich gelingt es den Forschern im entscheidenden Moment, einige Fotoplatten zu belichten. Aller-

scharfe Sterne in der Umgebung der verdunkelten Sonne. Ein Wermutstropfen: Das Bildfeld, welches das Fernrohr einfängt, ist aufgrund seiner Bauart ziemlich klein. Nur sieben Sterne sind letztlich deutlich erkennbar und können für die spätere Auswertung verwendet werden. Aber diese Sieben sind es, die den Ruhm Einsteins begründen werden.

Zurück in England beginnt das Team um Eddington mit den aufwendigen Auswertungen der Aufnahmen sowie entsprechender Vergleichsfotografien. Präzisionsmessungen mit einem Spezialmikroskop sind notwendig, um die Sternpositionen auf den feinkörnigen Fotoplatten exakt zu bestimmen. Dann endlich, im November 1919 ist es soweit – Eddington, Dyson und Davidson veröffentlichen ihre Ergebnisse in einer Fachzeitschrift und lösen eine Welle der Begeisterung aus: Die Lichtablenkung liegt eindeutig in der Nähe des Wertes, den die Allgemeine Relativitätstheorie

Einsteins Theorie beflügelt das Wissen über das Universum

vorhergesagt hatte. Nicht nur die New York Times, alle großen Zeitungen der Welt greifen die Meldung auf und lösen einen weltweiten medialen Hype aus, der Albert Einstein schlagartig zum Superstar der Physik katapultiert.

Dennoch bleiben in Fachkreisen Zweifel an den Auswertungen der Expeditionsergebnisse. Es ist allgemein bekannt, dass Eddington ein begeisterter Anhänger der ART ist und sich als einer der ersten Astrophysiker intensiv darum bemühte, diese neue Gravitations-theorie in die Astronomie einfließen zu lassen. War ein gewisses Wunschdenken bei Eddington im Spiel?

60 Jahre später (1979), als Einsteins Geburtstag sich zum 100. Mal jährt, werden die Fotoplatten der Expedition mit modernsten Mitteln noch einmal neu vermessen. Ergebnis: Eddington hatte absolut korrekt gearbeitet. Die Sonnenfinsternis-Expeditionen von 1919 erhielten damit ihren zweiten wissenschaftlichen Ritterschlag. Mehrfach konnte Einsteins Theorie später ebenfalls bewiesen werden, etwa vor 16 Jahren, als sich im Rahmen der Cassini-Mission der Nasa eine besondere Konstellation ergab.

Im Jahr 2003 lag die Sonne zwischen der US-Sonde „Cassini“ und der Erde. Nach der ART müsste die Sonnenmasse den Raum krümmen. Die Nasa misst die Laufzeit der Radiowellen, die mit Lichtgeschwindigkeit die Sonde-Erde-Kommunikation sichern. Und tatsächlich brauchten die Wellen diesmal länger, weil die Raumkrümmung sie Kurven fliegen ließ. Und wieder ist Einstein bestätigt – und die Welt elektrisiert.

Nach 1920 hat die ART die Kosmologie regelrecht gepusht: Das Universum dehnt sich aus, und zwar immer schneller. Alles musste einen Anfang haben, so kam die Urknalltheorie in die Welt. Später hört der Mensch von Schwarzen Löchern, deren unvorstellbare Masse so gar das Licht gefangen hält.

LIGHTS ALL ASKEW IN THE HEAVENS

Men of Science More or Less Agog Over Results of Eclipse Observations.

EINSTEIN THEORY TRIUMPHS

Stars Not Where They Seemed or Were Calculated to be, but Nobody Need Worry.

Die New York Times titelt am 10. November 1919: „Lichter am Himmel alle schief“. Und: Einsteins Theorie triumphiert. Ein neues wissenschaftliches Weltbild war geboren. Nur: Wer verstand es?