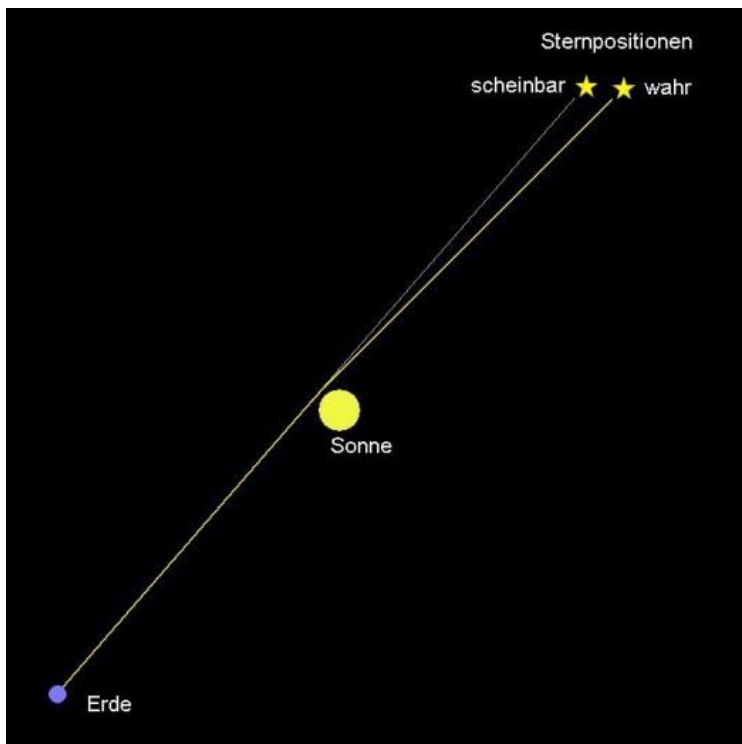


Wie eine Sonnenfinsternis vor 100 Jahren Albert Einstein weltberühmt machte

Matthias Borchardt

Sie gehört zu den berühmtesten Ereignissen in der Geschichte der Astronomie und feiert in diesem Jahr ihren einhundertsten Geburtstag - die Sonnenfinsternis am 29. Mai des Jahres 1919. Dieses Naturereignis sollte eine auf den ersten Blick einfache, für die Physik aber entscheidende und äußerst bedeutsame Frage klären: Beträgt die Ablenkung des Sternenlichts direkt am Sonnenrand 0,875 Bogensekunden oder doppelt so viel, nämlich 1,75 Bogensekunden? Der erste Wert ergibt sich mit Hilfe der klassischen Gravitationsphysik, der zweite ist das Ergebnis aus der Allgemeinen Relativitätstheorie - Newton gegen Einstein, sozusagen. Nachdem Albert Einstein den richtigen Wert der Periheldrehung der Merkurellipse aus seiner neuen Relativitätstheorie ableiten konnte, sollte die Vermessung der Sternpositionen am Sonnenrand den zweiten wichtigen Beweis für die Richtigkeit seiner vier Jahre zuvor veröffentlichten Theorie liefern.



Der Stern erscheint dem Beobachter vom Sonnenrand weggeschoben, in Wirklichkeit aber in wesentlich geringem Maße, als in der Graphik gezeigt. (Abb.: M. Borchardt)

Sterne, die am Himmel in der Nähe der Sonne stehen, wären geeignete Testobjekte, um eine Entscheidung zwischen den beiden Voraussagen zu erzielen - 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 Sternenfeld stand, sollte die Verschiebung der Sternpositionen erkennbar werden.



Der Verlauf des Kernschattens der Sonnenfinsternis vom 29. Mai 1919
<https://www.solar-eclipse.info/de/eclipse/detail/1919-05-29/>

So bestechend diese Idee auch erscheinen mag, so unerreichbar stellen sich ihre Erfolgsaussichten dar. Eine Positionsänderung eines Sterns von einer Bogensekunde am Himmel entspricht einem Winkel, unter dem man eine 1-Euro-Münze in einer Entfernung von etwa 4,5 km sehen würde. Sternverschiebungen von 1,75 Bogensekunden würden auf Fotoplatten, die mit großer Brennweite (6m) aufgenommen wurden, daher lediglich fünfhundertstel Millimeter betragen. Das ist weniger als die Dicke eines Blattes Papier. Angesichts der Vielzahl von Störeinflüssen und Fehlerquellen sollte sich der Nachweis solch kleiner Abweichungen daher als ausgesprochen schwierig erweisen.

Umso bemerkenswerter ist es, mit welchem Optimismus und mit welchem Vertrauen in ihre experimentellen Fähigkeiten sich vor 100 Jahren zwei englische Teams auf den Weg machten, um die wenigen Minuten Verdunkelungszeit der Sonne bei der totalen Sonnenfinsternis am 29. Mai 1919 für ihre Präzisionsmessungen zu nutzen. Eine Expedition, unter Leitung des zur damaligen Zeit hoch angesehenen Astronomen Sir Arthur Eddington, hatte die kleine westafrikanische Insel Príncipe als Ziel. Ein zweites Team, bestehend aus Forschern der Universität Greenwich, begab sich auf die lange Reise zu dem kleinen Ort Sobral, im Norden der brasilianischen Küste. Während Eddingtons Gruppe aufgrund der schlechten Wetterbedingungen auf der Insel Príncipe nur bedingt brauchbare Fotoplatten belichten konnte, hatten die Forscher aus Greenwich mehr Glück. Trotz erheblicher Schwierigkeiten mit Ihrem Hauptinstrument lieferte ihr backup-Teleskop, ein Refraktor mit einer Öffnung von 4 Zoll (10,2 cm) und einer Brennweite von 5,79 Metern, immerhin acht Fotoplatten, auf denen die Sterne in der Nähe der schwarzen Sonne als gestochen scharfe Pünktchen hervortraten.

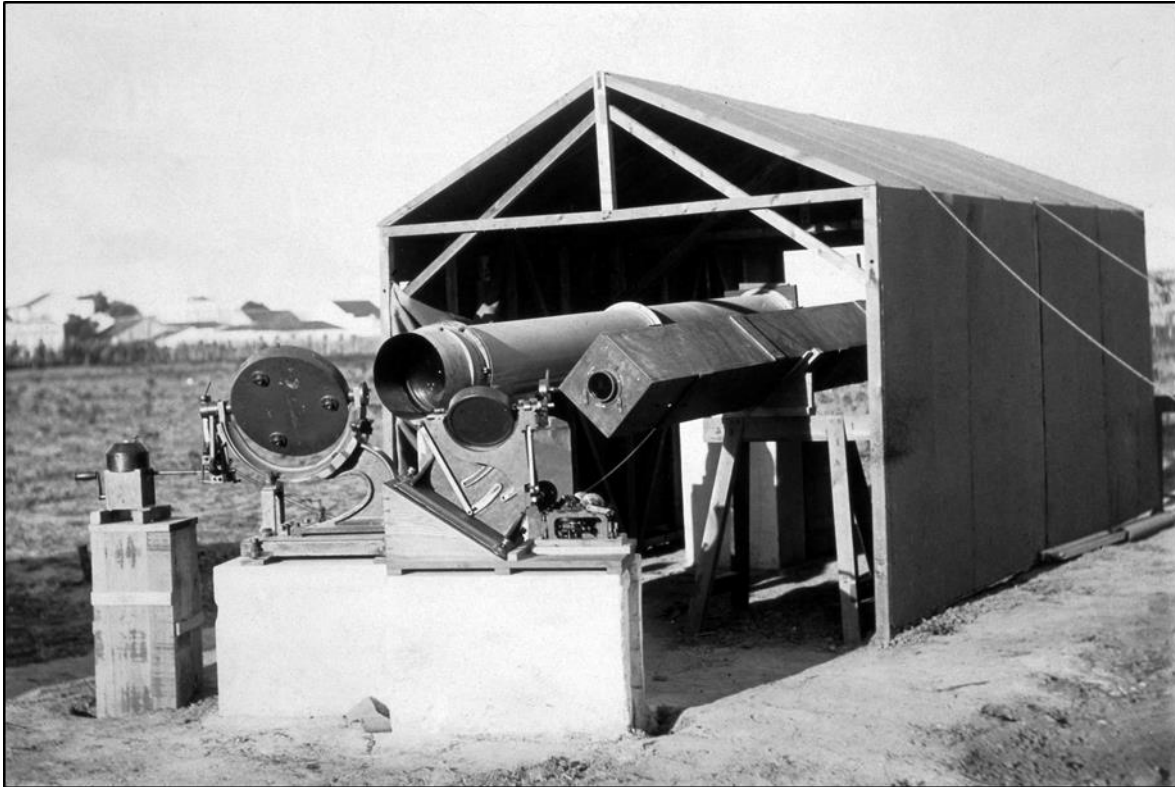


Abb.: Die beiden Linsenfernrohre unter der Schutzhütte in Sobral, Brasilien. Das Licht wurde über die runden, nachführbaren Umlenkspiegel (Coelostaten) in die horizontal gelagerten Fernrohre geleitet. Das linke Fernrohr lieferte unbrauchbare Ergebnisse – vermutlich wegen einer thermischen Verformung des Spiegels. Das kastenförmige Instrument rechts diente eigentlich als backup-Gerät, produzierte aber hervorragende Aufnahmen.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eclipse_instruments_at_Sobral.jpg

Zurück in England begann das Team um Eddington mit den aufwändigen Auswertearbeiten der Aufnahmen. Präzisionsmessungen mithilfe eines Spezialmikroskops waren notwendig, um die Sternpositionen auf den feinkörnigen Fotoplatten exakt zu bestimmen. Auf den Fotografien, die mit dem Fernrohr in Sobral (Brasilien) während der Verfinsterung der Sonne aufgenommen wurden und eine Größe von 25 cm x 20 cm aufwies, konnte Eddington die Positionen von sieben gut sichtbaren Sternen ausmessen. Trägt man die ermittelten Sternverschiebungen als Punkte in ein Diagramm ein, lässt sich schnell ein Vergleich der Messergebnisse zu den Vorhersagen der klassischen Physik und denen der Relativitätstheorie anstellen.

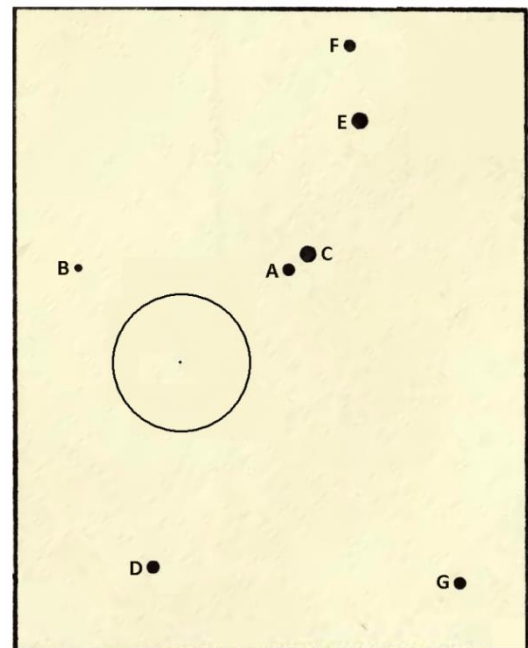


Abb.: Auf den Fotoplatten sind sieben Sterne neben der Sonne sichtbar. Die Positionen dieser Sterne wurden exakt vermessen.

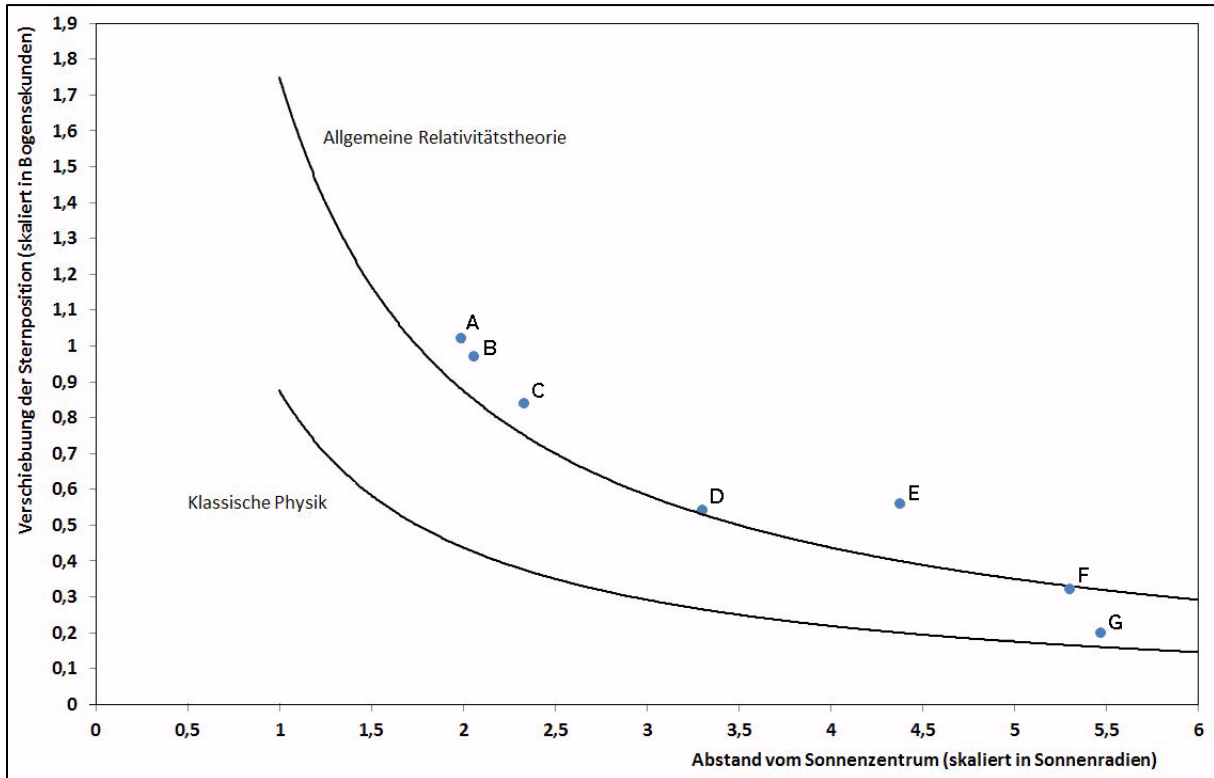


Abb.: Die Kurven stellen die Vorhersage der Sternverschiebungen nach der klassischen Physik und nach der Relativitätstheorie dar. Die eingezeichneten Punkte sind die Messergebnisse für die sieben Sterne, die in Sobral fotografiert wurden. (Diagramm: M. Borchardt)

Es ist deutlich zu erkennen, dass die gemessenen Sternverschiebungen eindeutig in der Nähe der relativistischen Kurve liegen. Eddington berechnete mit Hilfe der Ergebnisse der Sobral-Expedition einen Wert von $1,98 \pm 0,12$ Bogensekunden für die Lichtablenkung am Sonnenrand. Die Auswertungen der Fotoplatten der Principe-Expedition gestaltete sich aufgrund der lichtschwachen Abbildungen, die dem Wolkenschleier über der Insel geschuldet waren, als aufwändiger. Der Wert der Lichtablenkung am Sonnenrand wurde dabei auf $1,67 \pm 0,3$ Bogensekunden bestimmt. Das *Experimentum Crucis*, also die Entscheidung zwischen $0,875''$ oder $1,75''$, fiel damit eindeutig zugunsten der Vorhersagen der Allgemeinen Relativitätstheorie aus.

Im November 1919 veröffentlichten Eddington und seine Mitarbeiter ihre Ergebnisse in einer Fachzeitschrift und lösten eine Welle der Begeisterung aus: Die Lichtablenkung lag eindeutig in der Nähe des Wertes, der mithilfe der Allgemeinen Relativitätstheorie vorhergesagt worden war. Amerikanische Zeitschriften griffen die Meldung begeistert auf und lösten einen weltweiten medialen Hype aus, der Albert Einstein innerhalb kürzester Zeit zum Superstar der Physik katapultierte. Ein Grund für diese breite öffentliche Aufmerksamkeit liegt sicher darin, dass die Sonnenfinsternis von 1919 die abstrakte Ideenwelt Einsteins plötzlich etwas greifbarer und vorstellbarer machte. Seine Allgemeine Relativitätstheorie verlor ein wenig von ihrer Unnahbarkeit - eine 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 Albert Einstein, erzeugt die wechselseitige Anziehung der Himmelskörper und bestimmt die Bewegung von Körpern in

ihrer Umgebung. Nun schien deutlich zu werden, dass Albert Einstein Recht hatte. Die "alte Physik" Newtons hatte nicht ausgedient, aber sie erschien nun als Näherung der Relativitätstheorie, solange die Massen und Abstände bei astronomischen Berechnungen "normal" blieben. Bei der Beschreibung von so exotischen Objekten wie Schwarzen Löchern und Neutronensternen versagt die klassische Physik aber völlig, wie wir heute wissen, und die Relativitätstheorie hat dann ihren großen Auftritt.

Obwohl die erfolgreichen Sonnenfinsternis-Expeditionen von 1919 weltweit große Anerkennung fanden, wurden immer wieder Zweifel geäußert, ob es bei den Auswertungen der Expeditionsergebnissen nicht doch zu Fehlern oder Missdeutungen gekommen sein könnte. Sechzig Jahre später, anlässlich Albert Einsteins einhundertsten Geburtstags, wurden die Fotoplatten daher mit modernsten Mitteln neu vermessen - mit dem Ergebnis, dass Eddington absolut korrekt gearbeitet hatte. Die Sonnenfinsternis-Expeditionen von 1919 erhielten damit ihren zweiten Ritterschlag und durften sich völlig zu Recht in die Liste der gelungenen experimentellen Beweise der Einstein'schen Relativitätstheorie einreihen.

Literatur:

<http://eclipse-maps.com/Eclipse-Maps/History/Pages/1911-1920.html>

<https://www.mpg.de/9236014/eddington-sonnenfinsternis-1919>

<http://www.royalobservatorygreenwich.org/articles.php?article=1283>

A determination of the Deflection of light by the Sun's gravitational from observations made at the total eclipse of May 29, 1919. Dyson, F. W., Eddington, A. S. & Davidson, C., 1920, Phil. Trans. R. Soc., 220, 291.

Internet: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsta.1920.0009>

The eclipse expedition to Sobral, Crommelin, A. C. D. 1919. Obs. Magazine 42, No 544, p.368;

Internet: <http://adsabs.harvard.edu/abs/1919Obs....42..368C>

Simulation der Lichtablenkung: http://www.mabo-physik.de/phaenomene_der_art.html

Gravitational deflection of light, Harvey, G. M., The Observatory, Vol. 99, p. 195-198 (1979),

Internet: <http://adsabs.harvard.edu/full/1979Obs....99..195H>