



Einsteins Relativitätstheorie kontra klassische Mechanik

Paul Marmet

übersetzt von Mathias Hüfner

Letzte Durchsicht:07.09.12

Anhang II

Die Ablenkung des Lichtes durch das Gravitationsfeld der Sonne:

Eine Analyse der Sonnenfinsternis-Expeditionen 1919.

EINLEITUNG -

Entsprechend Einsteins allgemeiner Relativitätstheorie, die im Jahre 1916 veröffentlicht wurde, wird das Licht, das von einem Stern weit entfernt von der Erde kommt und nahe der Sonne passiert, durch das Gravitationsfeld der Sonne um einen Betrag abgelenkt, der umgekehrt proportional zum Radialabstand des Sternes von der Sonne ist (1,745" vom Sonnenrand). Dieser Betrag (betitelt die volle Ablenkung) ist das Doppelte von der, die von Einstein im Jahre 1911 unter Verwendung von Newtons Gravitationsgesetz vorausgesagt wurde (halbe Ablenkung). Um zu prüfen, welche Theorie richtig ist (wenn überhaupt), wurde eine Expedition, von Eddington geleitet, nach Sobral und Principe wegen der Sonnenfinsternis vom 29. Mai 1919 [\[1\]](#)gesendet. Der Zweck war es, zu bestimmen, ob es eine Ablenkung des Lichtes durch das Gravitationsfeld der Sonne gibt und wenn es sie gibt, welcher der beiden oben erwähnten Theorien sie folgt.

Die Expedition behauptete, erfolgreich gewesen zu sein, Einsteins volle Ablenkung [\[1,2\]](#) zu beweisen. Dieser Test war zur allgemeinen Anerkennung entscheidend, die Einsteins allgemeine Relativitätstheorie heutzutage genießt.

Jedoch stimmt dieses Versuchsergebnis offensichtlich nicht mit dem Ergebnis überein, das in Kapitel zehn gefunden wurde. Das ist kein Problem, da wir zeigen können, dass die Ablenkung zweifellos nicht messbar war. Wir sehen, dass der Effekt der atmosphärischen Turbulenz größer als die volle Ablenkung war, ebenso wie das Beugungsscheibchen. Wir sehen auch, dass die Instrumente solch eine genaue Messung nicht hergeben konnten und dass die Sternverteilung nicht gut genug war, damit solch eine Messung überzeugend ist. Schließlich besprechen wir, wie Eddingtons Einfluss für Einsteins volle Entfernung und gegen jedes mögliche andere Ergebnis arbeitete.

ÜBER DIE VERSUCHSERGEBNISSE -

Atmosphärische Turbulenz ist ein Phänomen der Atmosphäre, das die Ursache dafür ist, dass die Bilder von Sternen, wie sie von einem Beobachter auf Erde gesehen werden, springen, beben, wackelt oder einfach verwaschen sind. Dieses ist für jeden Astronomen, ob Amateur oder

Fachmann ein allgemein bekanntes Phänomen. Tatsächlich gilt [3] (Seite 40),

Selten ist eine Nacht (höchste Standorte) in der ein beliebiges Teleskop, egal wie groß seine Öffnung oder perfekt seine Optik ist, feinere Details als 1 Bogensekunde auflösen kann. Typischer ist an gewöhnlichen Standorten eine Auflösung von 2-3 Bogensekunden oder schlechter.

Das Problem wird während des Nachmittags wegen der Hitze des Bodens sogar schlechter. Vorläufige Lösungen zu diesem Seeing-Problem sind erst vor kurzem experimentiert worden [4].

Für jedermann, der mit atmosphärischer Turbulenz nicht vertraut ist, ist es ein leichtes, ein ähnliches Phänomen zu beobachten, indem er über einen heißen Grill schaut. In diesem Fall liegt die Verzerrung der Bilder an der Hitze, die vom Grill kommt (in der Größenordnung von $10'$).

Eddington, ein Astronom, berücksichtigte zweifellos dieses Problem. Wenn es im Jahre 1995 [3] schwierig war, feinere Details als $1''$ zu sehen, wie viel schwieriger muss es im Dschungel im Jahre 1919 gewesen sein? Der angenommene Effekt (volle und halbe Ablenkung) nimmt mit dem Abstand des Sternes von der Sonne ab. Während der totalen Sonnenfinsternis 1919 wurden die Sterne, die dem Sonnenrand am nächsten waren, von der Korona überstrahlt und konnten nicht beobachtet werden [1]. Von den Sternen, die nicht von der Korona überstrahlt wurden, sagt Einsteins Theorie voraus, dass κ^2 Tauri die größte Ablenkung mit $0,88''$ haben sollte. Aus Sobral wurde eine Ablenkung um $1,00''$ für diesen Stern berichtet [2]. Wie konnten Eddington und Dyson behaupten, das zu beobachten, wenn bestenfalls ihre Präzision wegen der atmosphärischen Turbulenz in der Tageshitze einige Sekunden war? Und sie war um Mittag bei Sobral und um 2 Uhr nachmittags bei Principe nicht bestenfalls, wenn das Seeing mit kleinen Teleskopen, die weniger als ideal waren, zu dieser Zeit am schlechtesten gewesen sein muss.

Der Fehler, der durch die atmosphärische Turbulenz verursacht wird, ist genügend groß, jede beliebige Messung des so genannten Einstein-Effektes zu widerlegen. Jedoch gibt es andere Gründe.

Es wurden während der Expedition nach Sobral zwei Objektgläser¹, ein 4-Zoll-Objektglas und ein astrografisches Objektglas benutzt. Eine perfekte optische Form angenommen, was eine perfekte Korrektur für Kugelgestalt und Farbart für das 4-Zoll-Teleskop bedeutet, kann die Größe des zentralen Flecks (der durch das Ringsystem des Beugungsmusters umgeben wird), nie kleiner als $1,25''$ gewesen sein. Dieser zentrale Fleck wird Beugungsscheibchen genannt. Da einige der Ergebnisse mit einer behaupteten Genauigkeit von $0,01''$ dargestellt wurden [2] (Seite 391), sollte dieses verhältnismäßig große Beugungsringmuster (125mal die behauptete Genauigkeit) leicht gesehen worden sein. Da sie nicht erwähnt wurden, müssen wir verstehen, dass sie nicht wahrnehmbar waren, weil die verschiedenen Abweichungen (chromatisch und sphärisch) größer als $1,25''$ waren und/oder weil wie erwartet, die atmosphärische Turbulenz größer als $1,25''$ war, was die theoretische Auflösungsgrenze dieses Teleskops ist, wenn es keine Abweichung und keine Turbulenz gibt.

Der Fokus der Teleskope war bestimmt und viele Tage vor der Sonnenfinsternis [1] (Seite 141) festgehalten worden. Aber die Elemente eines Teleskops sind sehr temperaturempfindlich [1] (Seite 153):

„wenn das [astrographische] Objektglas in einem Stahlrohr angebracht wird, sollte die Änderung der Skala über einem Temperaturbereich von $10^\circ F$ unbedeutend sein, und die Definition sollte sehr gut sein“.

Während des Aufenthalts des Teams bei Sobral, reichte die Temperatur von $75^\circ F$ während der Nacht bis zu $97^\circ F$ am Nachmittag. Diese Temperaturänderung von $22^\circ F$ muss den Astrograph beeinflusst haben. Und was ist mit den Spiegeln und dem 4 Zoll Teleskop?

Die Fotografien der Sonnenfinsternis, die mit dem Astrograph aufgenommen wurde, waren

1 Teleskope mit Okular für die Betrachtung von Objekten

sehr enttäuschend [1] (Seite 153). Es scheint, als hätte sich der Fokus in der Nacht vom 27. Mai im Moment der Sonnenfinsternis geändert. Nach der Sonnenfinsternis verließ das Team Sobral und kam im Juli zurück, um Vergleichsplatten aufzunehmen. Sie entdeckten, dass der Astrograph zum Fokus zurückgekehrt war! Sie schoben diese Änderung des Fokus auf den Effekt von der Sonnenhitze auf dem Spiegel, aber sie konnten nicht sagen, ob dieser Effekt eine Änderung der Skala verursacht hatte, oder ob er nur die Bilder verwischte.

Was ist mit dem 4 Zoll Teleskop? Die Sonnenhitze könnte seine Skala beeinflusst haben, ohne die Bilder zu verwischen. Wir wissen, dass es eine Zone um die Brennweite gibt, in der das Bild aussieht, als ob es im Fokus war, aber wo die Skala geändert wird. Nach bestem Wissen ist überhaupt nichts über dieses mögliche Problem gesagt worden.

Wenn wir den Wert von Einsteins Ablenkung gegen den Winkelabstand des Sterns von der Sonne (wie in [5] auf Seite 50 getan) grafisch darstellen, sehen wir, dass in dem Teil der Hyperbel, in dem sich die Steigung ändert, die meisten unter einem Abstand von zwei Sonnenradien von der Sonnenmitte aus liegen. Dieses Teil ist folglich für eine gute Interpretation der Ergebnisse entscheidend. Bei Betrachtung der Seite 60 des gleichen Artikels sehen wir, dass nur zwei der Sterne, die von den Teams bei Principe und bei Sobral benutzt wurden, in diesem Bereich liegen. Es ist folglich sehr schwierig, eine Hyperbel anzupassen, wenn nur zwei der Sterne in dieser Zone sind. Diese Beobachtungen (und die meisten anderen studiert in dem Artikel von Klübers, der alle Beobachtungen beurteilt hat, die bis 1960 erfolgt sind), könnten leicht durch eine Gerade anstelle der Ablenkungsgleichung von Einstein angepasst werden. Deshalb beweisen sie keine von Einsteins Ablenkungen (ob volle oder halbe).

In einer der Sitzungen der königlichen astronomischen Gesellschaft [6] (Seite 41), unterstrich Ludwik Silberstein, dass die Verschiebungen, die gefunden wurden, nicht radial wären, wie Einsteins Theorie angibt, sondern manchmal soviel wie 35° von der Radialrichtung abgewichen wären! Nichts wurde darüber in Dysons Artikel erwähnt. Entsprechend Silberstein:

„Wenn wir nicht das Vorurteil von Einsteins Theorie hätten, sollten wir nicht sagen, dass die Zahlen stark ein Radialgesetz der Verschiebung anzeigen.“

Dieses führt uns zu unserem folgenden Punkt, der beinhaltet, in welchem Ausmaß Sozialumstände die Akzeptanz von Einsteins Theorie beeinflussten.

ÜBER DEN EINFLUSS EDDINGTONS -

Die Ergebnisse von der Expedition 1919 wurden schnell von der wissenschaftlichen Gemeinschaft angenommen. Als einleitende Ergebnisse angekündigt wurden, sagte Joseph Thomson [2] (Seite 394):

„Es ist für das Publikum schwierig, die Bedeutung der Zahlen, die uns vorgesetzt worden sind, völlig einzuschätzen, aber der königliche Astronom [Dyson] und Prof Eddington haben das Material sorgfältig studiert, und sie sehen den Beweis als entscheidend zugunsten des größeren Wertes für die Verschiebung an.“

Thomson lässt es aussehen, als wären nur Eddington und Dyson in der Lage, die Ergebnisse zu verstehen. Es scheint, dass sie solch ein Ansehen hätten, dass die Allgemeinheit und die wissenschaftliche Öffentlichkeit ihnen blind glauben sollte.

Es ist Dyson, der die Ergebnisse der Sobral-Expedition bei einer Sitzung der königlichen astronomischen Gesellschaft [2] darstellte (Seite 391). Einige der Verschiebungen, die dargestellt wurden, waren, manchmal in der Größenordnung von $0,01''^2$ unglaublich klein. In einer anderen Sitzung [6] (Seite 40), fragte Oliver Lodge, ob es möglich wäre, eine Abweichung von $1/60''$ zu

2 Das 1990 in die Erdumlaufbahn gebrachte Hubble_Teleskop hat eine Winkelauflösung von $0,05''$

messen (ungefähr 0,02") , worauf Dyson reagierte:

„Ich denke nicht, dass es möglich sein könnte, eine so kleine Quantität zu messen.“

Wir sehen, dass Dyson sich offenbar widersprach.

Außerdem sagte Eddington selbst bevor das Experiment durchgeführt wurde, dass er die volle Ablenkung bevorzuge. Über die Ergebnisse der Expedition schreibend, sagte er [7] (Seite 116):

„Obgleich das Material verglichen mit dem, was erhofft worden war, sehr mager war, glaubte der Verfasser (der, dass muss bemerkt werden, nicht völlig unparteiisch war), dass es überzeugend sei.“

Außerdem entsprechend Chandrasekhar [8] (Seite 25),

„Es war ihm überlassen worden und er würde die Expeditionen nicht geplant haben, wenn er nicht völlig von der Wahrheit der allgemeinen Relativitätstheorie überzeugt wäre!“

Eddington war Quäker und wie andere Quäker, wollte er nicht in den Krieg gehen (WWI). In England wurden Quäker in die Lager während des Krieges geschickt, aber wegen Dysons Intervention [8] (Seite 25),

„Eddington wurde mit der ausdrücklichen Maßgabe zurückgestellt, wenn der Krieg bis Mai 1919 beendet sei, dann sollte Eddington die Leitung einer Expedition übernehmen mit dem Ziel den Beweis von Einsteins Vorhersagen zu führen! “

Die Umstände des Krieges haben Eddington zu einem Experiment gezwungen, das er nie durchgeführt haben würde, wenn er eine Wahl gehabt hätte, weil er so von seinem Ergebnis überzeugt war.

Warum wurde die Theorie so schnell, weithin und leicht angenommen? Schließlich änderte sie radikal mit gekrümmtem Raum und Zeitdilatation die allgemeine Ansicht vom Universum. Außerdem nahmen die Briten direkt nach einem bitteren Krieg mit Deutschland eine Theorie von einem deutschen Mann an.

Es scheint, dass die Theorie erst nach der Expedition zur Sonnenfinsternis[9] weitgehend angenommen wurde (Seite 50). Nach Earman und Glymour spielten Dyson und Eddington eine sehr einflussreiche Rolle bei der Anerkennung der allgemeinen Relativitätstheorie durch die Briten. Tatsächlich ist es Eddington der, überzeugt von der Wahrheit dieser Theorie, Dyson überzeugte. In den wenigen Jahren bis 1919 machten sie die Messung des „Einstein-Effektes“ zu einer Herausforderung und nach der Expeditionen vom Mai 1919, halfen sie, den Eindruck zu erwecken, dass die Daten Einsteins Theorie bestätigt hätten.

Neben der Tatsache, dass Eddington überzeugt war, dass die Theorie recht hatte, trieb ihn ein anderer Grund, sie zu befürworten [9] (Seite 85). Er hoffte, dass eine britische Überprüfung einer deutschen Theorie möglicherweise die Kanäle der Kommunikation und der Zusammenarbeit zwischen den Wissenschaftlern beider Länder wieder öffnete, Kanäle, die während des Ersten Weltkrieges geschlossen worden waren.

Schließlich hatte bis 1919 niemand behauptet, Ablenkungen dieser Größe beobachtet zu haben, die durch Einsteins Theorie gefordert wurden. Vermutlich, weil die Theorie scheinbar durch die Beobachtungen der Sonnenfinsternis von 1919 nachgewiesen wurde, berichteten viele Wissenschaftler, möglicherweise einige ihrer Daten heraus werfend, über das Finden der richtigen Ablenkung [9] (Seite 85).

Nach 1919 wurden weitere Expeditionen unternommen, um die Ablenkung des Lichtes durch die Sonne zu messen. Die meisten von ihnen erzielten Ergebnisse ein wenig höher als Einsteins Vorhersage, aber es war nicht mehr von Bedeutung, da das Ansehen der Theorie bereits hergestellt worden war.

Jamal Munshi berichtet in seinem „**Sonderbares aber wahres**“ im Internet auf:
<http://munshi.sonoma.edu/jamal/physicsmath.html>:

Dr. F. Schmeidler vom Münchner Hochschulobservatorium hat ein Papier [49] betitelt „Die Einstein-Verschiebung ein unerledigtes Problem,“ und einen Ausdruck von Verschiebungen für 92 Sterne für die Sonnenfinsternis von 1922 veröffentlicht, die in alle Richtungen gehen, viele von ihnen den falschen Weg gehend mit einer so großen Ablenkung wie die, die in die vorausgesagte Richtung verschoben werden! Eine weitere Prüfung der Daten von 1919 und 1922, die ursprünglich als Bestätigung der Relativitätstheorie interpretiert werden, neigte dazu, eine größere Verschiebung zu bevorzugen, die Ergebnisse hingen sehr stark von der Art der Verringerung der Messungen und Weglassens des Effektes von einzelnen Sternen ab. So finden wir jetzt, dass die Legende von Albert Einstein als dem weltgrößten Wissenschaftler auf der mathematischen Magie des Beschneidens und dem Kochen der Daten einer Sonnenfinsternis basierte, um die Illusion zu erwecken, dass Einsteins Theorie der allgemeinen Relativitätstheorie korrekt wäre, um zu verhindern, dass die Universität von Cambridge entehrt würde, weil eins seiner bemerkenswerten Mitglieder nahe war als ein „Kriegsdienstverweigerer“ erklärt zu werden!

SCHLUSSFOLGERUNG -

Viel von der Popularität Einsteins allgemeiner Relativitätstheorie beruht auf den Beobachtungen, die bei Sobral und bei Principe gemacht wurden. Wir sehen nun, dass diese Ergebnisse übermäßig betont wurden und zweifellos Einsteins Theorie nicht stützen. Es ist interessant daran zu denken, was wäre wohl geschehen, wenn die Ergebnisse nicht für gut genug befunden worden wären, oder wenn sie offenbar gezeigt hätten, dass es keine Abweichung des Lichtes an der Sonne gäbe. Einsteins Theorie hätte möglicherweise nicht die Popularität genossen, die sie heute genießt und eine neue realistischere Theorie wäre möglicherweise nach Jahren gefunden worden.

Literaturhinweise

- [1] Dyson, F. W., A. S. Eddington and C. Davidson, A Determination of the Deflection of Light by the Sun's Gravitational Field, from Observations Made at the Total Eclipse of May 29, 1919, in *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, series A, **220**, p. 291-333, 1920. (See also: *Annual Report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution Showing the Operations, Expenditures, and Conditions of the Institution for the Year Ending June 30 1919*, Government Printing Office, Washington, p. 133-176, 1921.
- [2] Joint Eclipse Meeting of the Royal Society and the Royal Astronomical Society, 1919, November 6, *The Observatory*, **42**, 545, p. 389-398, 1919.
- [3] MacRobert, Alan M., Beating the Seeing, *Sky & Telescope*, **89**, 4, p. 40-43, 1995.
- [4] Fischer, Daniel, Optical Interferometry: Breaking the Barriers, *Sky & Telescope*, **92**, 5, p. 36-41, 1996.
- [5] von Klüber, H., The Determination of Einstein's Light-Deflection in the Gravitational Field of the Sun, *Vistas in Astronomy*, Pergamon Press, London, **3**, p. 47-77, 1960.
- [6] Meeting of the Royal Astronomical Society, Friday, 1919, December 12, in *The Observatory*, **43**, 548, p. 33-45, Jan. 1920.
- [7] Eddington, A., *Space, Time and Gravitation: An Outline of the General Relativity Theory*, Cambridge University Press, Cambridge, 218 pages, 1959.
- [8] Chandrasekhar, S., *Eddington: The Most Distinguished Astrophysicist of His Time*, Cambridge University Press, Cambridge, 64 pages, 1983.

[9] Earman, J. and C. Glymour, Relativity and Eclipses: The British Eclipse Expeditions of 1919 and Their Predecessors, in *Historical Studies in the Physical Sciences*, **11**, p. 49-85, 1980.