

Rotation eines Karussells, er widerspricht aller Erfahrung. Wer sich über diese Seite der Gegnerschaft gegen die Relativitätstheorie näher unterrichten will, dem seien die Schriften von Lenard angelegentlichst empfohlen, besonders die Broschüre: Über Relativitätsprinzip, Äther, Gravitation. Verlag von S. Hirzel, Leipzig 1920, von der ausgehend man auch den Weg zu der übrigen Literatur über den Gegenstand findet.

Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie leidet auch an dem Mangel, keinen inneren Grund für die Annahme eines Schwerefeldes für die zur Durchführung der Theorie benötigten Beschleunigungsfelder erkennen zu lassen. Man kann nicht einsehen, warum gerade die Gravitation berufen ist, als Ursache für Beschleunigungen angesehen zu werden, wo doch auch andere Ursachen für Beschleunigungen denkbar sind, wie Kräfte im Äther, Kapillaritätskräfte usw. Durch die Einführung der Gravitation, also einer empirischen, physikalischen Erscheinung in die Grundgleichungen der Relativitätstheorie, wird jedenfalls der Boden der reinen, mathematischen Konstruktion verlassen und ein physikalisches, empirisches Element hineingezogen. Der Relativist kann sich daher nicht mehr in der Rolle des abstrakten Mathematikers allein verhalten, sondern er muß es sich gefallen lassen, daß der Physiker die Theorie als eine empirisch richtig sein sollende objektiv prüft. Fällt diese Prüfung zu ungunsten des Relativisten aus, so muß dieser seine Theorie aufgeben und kann eventuell eine neue ersinnen. Es geht aber nicht an, daß der Relativist deshalb an seiner Theorie festhält, weil er sie mathematisch

schön findet. Abgesehen von allen logischen und erkenntnistheoretischen Erwägungen bleibt die Erfahrung der Hauptprüfstein jeder physikalischen Theorie, und so auch der Relativitätstheorie.

Die experimentelle Prüfung der Theorie.

Wer sich im praktischen Leben oder als Naturforscher betätigt, wird dem theoretischen Unterfangen, eine für alle Beobachter gleiche, objektive Natur in ihrer einen Zeit und ihrem einen Raume aufzugeben, wenig Vertrauen entgegen bringen.

Er wird daher auch nicht sonderlich erstaunt sein, wenn sich herausstellt, daß einzelne praktische Folgerungen einer solchen Theorie mit der Erfahrung in Widerspruch geraten. So wenig einerseits die Bestätigung einer Folgerung die Richtigkeit der Theorie beweisen würde, — kann man doch häufig von ganz verschiedenen Grundlagen aus zu derselben, sich als richtig erweisenden Folgerung kommen, ohne damit etwas über die Richtigkeit der Grundlagen sagen zu können, — so sicher beweist andererseits eine als falsch sich herausstellende Folgerung, daß auch die Grundlage, aus der sie abgeleitet war, falsch sein muß. Die Relativitätstheorie hat die Prüfung an der Erfahrung schlecht bestanden. Dies soll im Folgendem kurz dargestellt werden.

Zunächst sei bemerkt, daß alle Folgerungen der Relativitätstheorie immer auf so winzige Effekte führen, daß es nicht einfach ist, die experimentelle Prüfung vorzunehmen. Das war bisher in gewissem Sinne ein Glück für die Theorie, die ja

dadurch in die Lage versetzt ist, auf die Schwierigkeit des Experiments, die Ungenauigkeit der Beobachtungen hinzuweisen, wenn sich ein vorausgesagter Effekt nicht findet. Es gibt aber heute Beobachtungen, die so genau sind, daß man diesen Schluß nicht mehr ziehen kann.

In erster Linie ist hier die sogenannte Rotverschiebung der Spektrallinien zu erwähnen. Eine Spektrallinie wird durch gewisse Schwingungen in einem Gase erzeugt, das leuchtet. Auch auf unserer Sonne, welche nach den Ergebnissen der Astronomie und Astrophysik ein sehr hoch erhitzter Gasball ist, werden Spektrallinien beobachtet. Nun soll nach der Relativitätstheorie die Zeitdauer irgend eines Vorgangs vom Schwerkraft-(Gravitations-)felde abhängig sein, also sollten auch die Schwingungsvorgänge aller Spektrallinien auf der Sonne vom Gravitationsfeld der Sonne abhängen. Dieses letztere ist aber erheblich stärker als das Gravitationsfeld der Erde, sodaß die Spektrallinien eines Gases auf der Sonne gegenüber den Spektrallinien derselben Gasart auf der Erde einen Unterschied zeigen sollten — behauptet die Relativitätstheorie. Für die Größe dieses Unterschiedes und sein Vorzeichen sind Formeln aufgestellt worden. Sie besagen, daß die Spektrallinien der Sonne eine geringe Verschiebung nach der roten Seite des Spektrums erleiden müssen, im Betrage von 0,01 sogenannten Angström-Einheiten. Die Kleinheit dieses Betrages ist für jeden ersichtlich, wenn man ihn in Millimeter ausdrückt: er beträgt ein Hundertmillionstel eines Millimeters. Dieser kleine Effekt, dessen Bestehen die Relativitätstheorie prophezeit hat und fordert, kann aber heutz-

tage mit den hochentwickelten Meßeinrichtungen gesucht werden und würde den modernen Instrumenten nicht entgehen, wenn er da wäre. Der Effekt ist sorgfältig gesucht worden, hat sich aber nicht finden lassen:

Zuerst ist die relativistische Rotverschiebung an Stickstofflinien der Sonne auf dem astrophysikalischen Institut in Potsdam gesucht worden; Schwarzschild,¹⁾ der verstorbene Direktor des Instituts, hat das Ergebnis im Jahre 1914 veröffentlicht; er findet keine Rotverschiebung. Dann hat der bekannte amerikanische Astrophysiker St. John nach der Rotverschiebung gesucht und sie ebenfalls nicht gefunden. St. John sagt in seinem Bericht vom Jahre 1917 über das Ergebnis seiner Versuche²⁾: „Das allgemeine Ergebnis der Untersuchung ist, daß innerhalb der Beobachtungsfehler die Messungen kein Anzeichen eines Effektes von der Größenordnung ergeben, die aus dem Relativitätsprinzip abgeleitet wird.“ Die Beobachtungsfehler St. Johns waren nur ein Bruchteil von dem geforderten, nicht vorhandenen Einstein-Effekt. Hale, der bekannte Sonnenforscher und Direktor der Mount-Wilson-Sternwarte, hat sich für die Richtigkeit von St. Johns Beobachtungen ausgesprochen.³⁾ Diese Untersuchungen auf Mount Wilson, mit den besten Instrumenten unter den günstigsten Arbeits- und Beobachtungsbedingungen, wie sie zur Zeit kein

1) Sitzungsbericht der Berliner Akademie d. Wiss. 1914, S. 1201—1213.

2) St. John, Carnegie Institution of Washington, Mount Wilson Solar Observatory Communications to the National Academy of Sciences No. 46. Vol. 3, 450—452, July 1917.

3) Z. B. im Annual Report of the Direktor of the Mount Wilson Solar-Observatory, Yearbook, Nr. 16, S. 200, 1917.

anderes astrophysikalisches Institut auf der Erde aufweisen kann, hätten den Einstein-Effekt unzweifelhaft feststellen müssen, wenn er existierte. Demgegenüber will es wenig heißen, wenn neuerdings ein Mitarbeiter von Einstein, Herr Freundlich, mit der Behauptung aufgetreten ist, daß die Amerikaner eine Fehlerquelle in ihren Messungen gehabt haben; die Zusammenstellung und kritische Würdigung dieses gesamten Materials wird in einer demnächst von fachmännischer Seite erscheinenden Druckschrift gegeben werden, auf die hier verwiesen sei (L. Glaser, Über Versuche zur Bestätigung der Relativitätstheorie an der Beobachtung. Verlag der Firma F. C. Glaser, Berlin SW 68; erscheint auch in Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen).

Die Rotverschiebung der Spektrallinien auf der Sonne stellt bisher den Haupteffekt der Relativitätstheorie dar, er ist entschieden die wichtigste, weil am genauesten zu prüfende Folgerung, deren Nichtvorhandensein als eine experimentelle Widerlegung der Relativitätstheorie anzusehen ist — wenn es einer solchen überhaupt noch bedurft hätte. Andere Folgerungen der Relativitätstheorie sind für die Theorie weniger charakteristisch, weil sich sofort verschiedene andere Erklärungsmöglichkeiten darbieten. Da ist z. B. die sogenannte Perihelstörung des Planeten Merkur zu nennen. Nach den Beobachtungen der Astronomen dreht sich die Bahnellipse des Merkur um einen sehr kleinen Betrag von 43 Bogensekunden in 100 Jahren. Auch dies ist eine ungeheuer kleine Größe, aber sie ist dank der Feinheit der astronomischen Beobachtungsmethoden feststellbar. Es sind schon seit vielen Jahren Erklärungen für

diese Bahnstörung des Merkur gegeben worden, insbesondere muß hier die Formel des Oberlehrers Gerber vom Jahre 1898 genannt werden¹⁾, die dieser aufgestellt hat, als es noch gar keine Relativitätstheorie gab und die völlig mit der aus der Relativitätstheorie von Einstein abgeleiteten Formel übereinstimmt. Hier könnte die Relativitätstheorie nur dann als eine gewisse, und zwar die zuletzt gegebene, Erklärungsmöglichkeit für eine an sich bekannte Sache angesehen werden, wenn sie im übrigen einwandfrei wäre.

Endlich ist noch ein, neuerdings in der Tagespresse mit besonderer Breite behandelter Effekt zu nennen: die Ablenkung der Sternorte in der Nähe der Sonne. Auch hier ist die Sache durchaus nicht so neu, als es auf den ersten Blick den Anschein hat, denn man kennt in der Astronomie schon lange gewisse systematische Abweichungen der Sternorte in Abhängigkeit von der Stellung des Sterns zur Sonne. Diese Erscheinung, die als jährliche Refraktion bezeichnet wird, ist bisher noch nicht erklärt, obschon ein erhebliches Tatsachenmaterial über den Gegenstand vorliegt, das bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts zurückreicht; man kann sich hierüber z.B. aus einer Abhandlung von L. Courvoisier, Beobachtungsergebnisse der Kgl. Sternwarte zu Berlin Nr.15 vom Jahre 1913 unterrichten. Einstein hat nun ebenfalls eine Abhängigkeit der Sternorte in Abhängigkeit von der Sonne aus seiner Relativitätstheorie gefolgert und es sind Messungen darüber von englischen Expeditionen gelegentlich der Sonnenfinsternis

¹⁾ Die schwer zugängliche Veröffentlichung Gerbers ist in den Annalen der Physik Bd. 52, S. 415, 1917 in Neuabdruck erschienen.

des Jahres 1919 angestellt worden. Die Beurteilung dieser Beobachtungen ist schwierig, da die Originalberichte noch nicht alle gedruckt vorliegen und die Angaben über die in der englischen Akademie in London vorgelegten Mitteilungen der verschiedenen Forscher nicht einheitlich sind. Jedenfalls steht fest, daß die deutsche Fachwelt und Presse bisher in einseitiger, für Einsteins Theorie zu günstiger Weise unterrichtet worden ist. Dies geht z. B. aus Äußerungen des Londoner Astronomen Silberstein hervor, der darauf aufmerksam macht¹⁾, daß das in der physikalischen Gesellschaft in Berlin erstattete Referat in wesentlichen Punkten Irrtümer enthielt, deren Berichtigung das Ergebnis der Messungen zu Ungunsten von Einsteins Theorie verschiebt. Über den Effekt der Sternorte in der Nähe der Sonne läßt sich also zur Zeit nichts sicheres aussagen. Aber er ist für die Theorie garnicht so wichtig, da er, selbst wenn die von Einstein angegebene Verschiebung der Sternorte um $1\frac{3}{4}$ Bogensekunden am Sonnenrande tatsächlich sicher beobachtet wäre, noch eine ganze Reihe anderer Erklärungsversuche, die physikalisch viel verständlicher sind als die Deutung durch die Relativitätstheorie, gegeben werden können. Es ist übrigens hier die Kleinheit des Betrages von nur $1\frac{3}{4}$ Bogensekunden ein erhebliches Hindernis für das Experiment; um von diesem Betrage eine Vorstellung zu geben, sei erwähnt, daß der kleine Winkel $1\frac{3}{4}$ Bogensekunden diejenige Größe hat, unter der dem Auge eine Kirsche in 2 Kilometer Entfernung erscheint.

¹⁾ Abgedruckt in: Die Naturwissenschaften 8, S. 390, 1920.

Welches Urteil wird man sich über die Relativitätstheorie zu bilden haben?

Das ist die Frage, die nunmehr zu beantworten ist.

Die Einsteinsche Relativitätstheorie nimmt ihren Ursprung aus einer Theorie des holländischen Physikers Lorentz. Die Übereinstimmung mit der Lorentzschen Theorie geht soweit, daß die mathematische Form der ersten Einsteinschen Theorie vom Jahre 1905 wesentlich dieselbe ist, wie die von Lorentz, die Gleichungen dieser Einsteinschen Theorie sind die Gleichungen von Lorentz. Neuartig erschien die Deutung der Theorie, die Interpretation der Grundbegriffe Zeit und Raum. Einstein hat mit dieser Interpretation etwas getan, von dem seine Bewunderer gesagt haben, es stelle alles bisher Dage-wesene in den Schatten. Die Interpretation Einsteins war aber gleichfalls weit weniger neu, als es den Anschein hatte. Schon im Jahre 1901 hat der ungarische Philosoph Melchior Palágyi in Engelmanns Verlag in Leipzig eine Schrift in deutscher Sprache¹⁾ erscheinen lassen, die wesentliche Gedanken Einsteins und Minkowskis, des begeisterten, mathematischen Anhängers Einsteins, vorwegnahm: so besonders die Idee der „Union zwischen Zeit und Raum“, die Auffassung der „Welt“ in 4 Koordinaten, von denen die eine, die Zeit, mit der imaginären Einheit $\sqrt{-1}$ multipliziert auftritt usw. Den Physikern waren diese Vorgänge — zum Teil heute noch — unbekannt, sie nahmen die Relativitätslehre Einsteins teils

¹⁾ Neue Theorie des Raumes und der Zeit. Von Dr. Melchior Palágyi.

kopfschüttelnd, teils abwartend auf. Als aber anerkannte Autoritäten sich begeistert für die Relativitätstheorie einsetzten, trat auch im Publikum Begeisterung auf, und nun nahm die Entwicklung ihren unaufhaltsamen Gang. Bei der Verknüpfung mathematischer, physikalischer und philosophischer Gedanken in der Relativitätstheorie war es den Fachleuten in unserer Zeit des hochgesteigerten, wissenschaftlichen Spezialistentums sehr schwer gemacht, zu einem selbständigen Urteil über die Theorie zu gelangen, zumal Einstein sein Werk mit Geschicklichkeit zu verteidigen wußte und den Physikern ihre Bedenken mit mathematischen und philosophischen, den Mathematikern ihre Bedenken mit physikalischen und philosophischen, den Philosophen ihre Bedenken mit mathematischen und physikalischen Gegengründen zerstreute: jeder Fachmann beugte sich vor der Autorität des Kollegen im andern Fach, jeder glaubte das, was er nach andern Fachautoritäten als für bewiesen halten zu sollen vermeinte. **Niemand wollte sich den Vorwurf aussetzen, er verstünde nichts von der Sache!** Und so wurde eine Lage geschaffen, ähnlich der von Andersen geschilderten in seinem Märchen „Des Kaisers neue Kleider“: hier sieht ein Kaiser mit seinen Ministern und Untertanen dem Weben eines Gewandes zu, das die Eigenart hat, von denjenigen Menschen nicht gesehen zu werden, die dazu nicht klug genug sind, und schließlich stehen alle staunend vor den leeren Webstühlen, weil niemand sich getraut zu bekennen, daß er nichts sieht. So hat auch die Relativitätstheorie die Geister gefesselt, sie ist zur Massensuggestion geworden. Aber eine Massensuggestion ist an sich nichts Verwerfliches, die Ausschaltung des klaren

Verstandes braucht durchaus kein Beweis dafür zu sein, daß das Streben der Masse ein törichtes ist. Alles hing bei der Relativitätstheorie davon ab, ob sie in ein erkenntnistheoretisch annehmbares Fahrwasser geleitet werden konnte.

Einstein hat die Schwächen seiner Theorie öfters zu verbessern und den Einwänden auszuweichen gesucht, er hat z. B. das Relativitätsprincip hin und hergeworfen, (s. oben S. 9) er hat schließlich geglaubt, den sicheren Hafen erreicht zu haben und im Jahre 1915 erklärt¹⁾ daß endlich die Relativitätstheorie als logisches Gebäude abgeschlossen sei. Ein Punkt bei all diesen Wandlungen ist noch besonders wichtig, hervorgehoben zu werden: so wenig neuartig die mathematische Form der ersten Relativitätstheorie Einsteins ist, die mit der älteren Lorentzschen Theorie übereinstimmt, so wenig ist auch die im weiteren Verlauf der Entwicklung durch Einstein vollzogene Veränderung des mathematischen Gewandes der Theorie besonders neuartig gewesen: daß die Relativitätstheorie in die Formeln der nichteuklidischen Geometrie hineinführt, zeigte zuerst der Mathematiker Varicak; daß die mathematische Komplikation der nichteuklidischen Kontinua von den Mathematikern formal bereits seit langem gelöst war, erkennt sogar Einstein an. Inwieweit Einstein die neueste von Weyl u. a. eingeschlagene, relativitätstheoretische Richtung überhaupt noch mitmacht, ist nicht recht klar. Jedenfalls verbreiten Anhänger von Einstein Nachrichten, die für die Weylschen Arbeiten ungünstig lauten.

¹⁾ Sitzungsberichte der Berliner Akademie 1915, S. 847.

Wenn es also feststeht, daß Einstein in seiner Relativitätstheorie keine mathematisch ungewöhnlichen Formen entdeckt hat, wenn die philosophisch-erkenntnistheoretische Grundlage des ganzen Gebäudes unbefriedigend ist, wenn endlich die Experimente der Physiker und Astronomen die Theorie nicht beweisen können, so wird man fragen, was denn überhaupt noch übrig bleibt, um in der Relativitätstheorie ein Werk zu erblicken, das über die Taten von Kopernikus, Kepler und Newton hinausgeht. Diese Frage werden die heutigen Anhänger und Gegner der Theorie, je nach ihrem persönlichen Gefühl, verschieden beantworten. Eine Antwort, die alle befriedigt, wird sich erst erzielen lassen, wenn die Suggestion der Reklame und der Druckerschwärze, mit welcher die „revolutionäre Relativitätstheorie“ arbeitet, von allen als solche erkannt ist. Zu dieser Aufklärung beitragen zu helfen mögen die obigen Zeilen dienen.
