Zeitschrift: Divus Thomas

Band: 9 (1922)

Artikel: Die Einsteinische Relativitätstheorie und ihre philosophische Beleuchtung nach thomistischen Prinzipien [Fortsetzung]

Autor: Schneider, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-762449

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: 13.07.2025

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

DIE EINSTEINSCHE RELATIVITÄTSTHEORIE UND IHRE PHILOSOPHISCHE BELEUCHTUNG NACH THOMISTISCHEN PRINZIPIEN.

IV.

Einsteins allgemeine Relativitätstheorie.

Was wir zuletzt behandelt haben, ist Einsteins spezielle Relativitätstheorie. Max Born umschreibt sie seinerseits folgendermaßen: „Nicht nur die Gesetze der Mechanik, sondern die aller Naturvorgänge, besonders die elektromagnetischen Erscheinungen, lauten vollkommen identisch in unendlich vielen, relativ zu einander gleichförmig translatorisch bewegten Bezugssystemen, die man Inertialsysteme nennt. In jedem dieser Systeme gilt ein besonderes Maß für Längen und Zeiten und diese Maße sind durch die Lorentz-Transformationen miteinander verknüpft."[1] Das spezielle Relativitätsgesetz ist nur gültig für Galileische Bezugskörper, wie wir sie früher genannt und wie sie vorstehend als „Inertialsysteme" beschrieben sind. Die Ausdrücke wechseln, der Inhalt ist der gleiche. Für ungleich schnell, für drehend bewegte Koordinatensysteme ist diese Theorie ungültig; die Lorentz-Transformationsgleichungen können hier nicht helfen. Einstein suchte aber auch nach dieser Richtung zu helfen. Es drängte ihn, eine für sämtliche Arten von Bewegungen gültige Relativitätstheorie zu suchen und zur Behandlung der physikalischen Fragen bereitzustellen.

Aber wie anfangen? Der trägen Ruhe wie ebenso der gleichmäßigen, geradlinigen Bewegung der Körper wirkt stets die Schwerkraft entgegen. Eine allgemeine Theorie der Relativität aller Bewegungen muß also naturnotwendig die Wirkungen der Trägheit und der Schwerkraft der Körper, der Massen ins Auge fassen. Newton, der große Gesetzgeber der Physik und bahnbrechende Entdecker auf physikalischem Gebiete, erkannte, daß die träge Masse immer gleich der schweren Masse sei. Bei diesem Satze blieb es bis auf Einstein. Verschiedene Überlegungen, deren Ausführung hier zu weitläufig und wohl für die Hauptsache zwecklos wäre, bewogen Einstein zur Annahme und Aus-

[1] A. a. O. p. 217.

sage: Dieselbe Qualität des Körpers äußert sich je nach Umständen als „Trägheit“ oder als „Schwere“. Die Trägheitswirkungen müssen demnach auch als Gravitationswirkungen aufgefaßt werden können. Auffallendste Trägheitswirkungen sind in der Newtonschen Mechanik die Zentrifugalkräfte, welche die Äquatorwulstung des Erdballs, also indirekt die Abplattung der Erde an den Polen und z. B. die leicht erkennbare Abplattung der Planeten Jupiter und Saturn verursachen. Diese Zentrifugalkräfte sollen gegen den „absoluten Raum“ hin, den viele Physiker scheuen und bekämpfen, gerichtet und wie von ihm mitverschuldet sein. Nach Einstein sind sie nun einfach Schwerkraftswirkungen, hervorgerufen durch die Massen der Fixsternwelt. Übrigens dachten auch frühere Physiker schon so.

Die Schwerkraft soll nach Einstein nicht wie nach ihrem Entdecker Newton unvermittelt in die Ferne wirken nach den bekannten Newtonschen Gravitationsgesetzen, sondern sie erzeugt in der Umgebung der Körper Schwerefelder, so benannt nach Analogie der schon lange bekannten und verwerteten magnetischen und elektrischen Kraftfelder. Die Schwerkraft wirkt also kontinuierlich und braucht Zeit. Die mathematische Behandlung geschieht mittels Differentialrechnung und Gaußscher Koordinaten, d. h. einem Netz sich kreuzender gebogener Linien. Einstein[1] formt dann das allumfassende Relativitätsprinzip: „Alle Gaußschen Koordinatensysteme sind für die Formulierung der allgemeinen Naturgesetze prinzipiell gleichwertig.“ Diese Koordinaten kann man beliebig wählen, sie sind gekrümmt nach eigener Wahl, stellen keine reellen Bezugskörper, wie die Galileikoordinaten, vor und werden mit x_1, x_2, x_3, x_4[2] bezeichnet.

Nähere Ausführungen sind hier nicht nötig. Wir wollen vielmehr zu besonders auffallenden Konsequenzen der allgemeinen Relativitätstheorie übergehen, welche eine neue Gravitationstheorie von umfassendster Grundlage darstellt.

Die Schwerkraft zieht also nach Einstein nicht in die Ferne an. Sie wirkt vom schweren Körper aus dadurch auf die Umgebung, daß sie ein Schwerefeld erzeugt, welches die unmittelbare Ursache aller Bewegungsveränderungen,

[1] A. a. O. p. 66.
[2] Für noch zahlreicher dimensionale Gebilde natürlich x_5 usw.

aller Krümmungen der Bewegungen wird, die von der Gravitationskraft abhängen. Diese Krümmungen schreiben Einstein und die Relativisten auch dem Raum zu. Der Raum wird also durch die Schwerkraft im Schwerefeld gekrümmt und dieser Raumkrümmung müssen sich alle Gegenstände anpassen, welche in das Schwerefeld gelangen. Doch hat jeder Körper selbst Schwerkraft und diese wirkt mit ihrem Kraftfeld stets auch auf das Schwerefeld derjenigen Körper, denen es nahe genug kommt. Dadurch ergibt sich, daß die „Raumkrümmungen" beeinflußt, d. h. verändert werden von jedem Körper, welcher mit seinem Schwerefeld in das betreffende Schwerefeld eindringt oder mit seinem eigenen Schwerefeld dasselbe wieder verläßt. Es gibt nun längst bekannte, interessante Tiere, welche ihre Gestalten ebenfalls mannigfach in der Bewegung verändern, die „Mollusken". Deshalb verwendet Einstein einen Hinweis auf „die Molluske", um ein irgendwie anschauliches Bild der Verhältnisse zu bieten, welche in Rechnung gezogen werden müssen bei der geometrischen Beschreibung der durch die Schwerkraftfelder verursachten Bewegungen und Gestaltsveränderungen im prinzipiellen Sinne. Die schon genannten Gaußschen vierdimensionalen Koordinatensysteme stimmen im wesentlichen damit überein und können darum als „Bezugsmollusken" bezeichnet werden.

Der Wichtigkeit dieses Kapitels wegen, das äußerst viele Verwirrung verursachte, setzen wir noch die Worte eines neuesten begeisterten Zeugnisses für die Einsteinsche Relativitätstheorie her: „Damit sind wir nun endlich zu jenem Punkt gelangt, auf den wir so lange hinsteuerten: wir erkennen, daß ein Gravitationsfeld besonderer Art, nämlich jenes der rotierenden, fernen Fixsterne, das die Zentrifugal- und Korioliskräfte erzeugt, eine Krümmung des Raumes verursacht. Wir haben gerade das Beispiel dieses Gravitationsfeldes gewählt, weil sich hier ohne Zuhilfenahme von höherer Mathematik das Auftreten einer Raumkrümmung plausibel (d. h. gut begreiflich) machen läßt. Die mathematische Fassung der Gravitationstheorie lehrt aber viel mehr als dies: nicht nur jenes spezielle Gravitationsfeld, von dem hier die Rede war, sondern jedes Gravitationsfeld erzeugt eine Krümmung des Raumes; das Schwerkraftfeld unserer Sonne, der Erde und jedes Körpers auf der

Welt verursacht eine bestimmte, für das betreffende Feld charakteristische Krümmung des Raumes." So der bereits früher genannte Dr. Thirring, a. o. Professor der theoretischen Physik an der Universität Wien, in seinem Ende 1921 erschienenen Buche: „Die Idee der Relativitätstheorie" (p. 33).

Diese stets wechselnden Krümmungen vertragen sich in den Maßen ihrer Verhältnisse nicht mit den Ergebnissen der von altersher schulbekannten Geometrie des Euklid. Es sind das nichteuklidische „Räume", welche durch die Gravitationsverhältnisse fortwährend beeinflußt werden. Jedes Schwerkraftfeld hat deshalb seine besondere Metrik und damit seine besondere Geometrie. Obwohl Einstein seine „Entdeckungen" erst um die Mitte des letzten Jahrzehntes gemacht und darnach die allgemeine Relativitätstheorie aufgestellt hat, ist doch die dafür notwendig gewordene Geometrie nicht mehr zu suchen gewesen, denn schon vor manchen Jahrzehnten haben zwei gewaltige Mathematiker sie rein spekulativ gefunden und ihre Gesetze weitgehend formuliert, nämlich der bekannte große Gauß († 1855) und Riemann (1866).

Wir wollen das kurz durch zwei Beispiele erläutern. Das erste gebrauchte Einstein selbst; wir wollen es nur allgemein verständlich umschreiben. Jeder Gymnasialschüler lernt: Der Umfang des Kreises ist $2r\pi$ und der Inhalt des Kreises $r^2\pi$. r ist der an Größe wechselnde Radius; π hat euklidisch bekanntlich stets die Größe 3, 14 usw. Nach der (speziellen) Relativitätstheorie sind relativ zum ruhenden Beobachter alle geradlinig bewegten Stäbe verkürzt. Wenn wir uns eine riesengroße Scheibe denken, dann ist auf 1 *cm* Länge der Scheibenrand nicht meßbar gekrümmt und kann wie eine gerade Linie behandelt werden. Jedenfalls wird alles beim Drehen der Riesenscheibe bewegt und in der Bewegungsrichtung relativ verkürzt. Weil es mit jedem Stück Zentimeter auf der ganzen Scheibe so geht, so wird der ganze Umfang der Scheibe verkürzt, also verkleinert. Der Radius seinerseits steht überall senkrecht gegen die Bewegungsrichtung, er bleibt gleich lang. Das Verhältnis von r zu π stimmt somit nicht mehr; die Scheibe wird verkrümmt. Aus demselben Grunde ist ihr Inhalt nicht mehr $r^2\pi$ und ihr Umfang nicht mehr $2r\pi$.

Ein rechtwinkliges und gleichseitiges Viereck, das in ein starkes Gravitationsfeld hineingerät, erfährt ebenfalls

Verkrümmung und ungleiche Längsbeeinflussung der Seiten und seine Winkel zählen zusammen nun unter Umständen mehr als 360°, also mehr als die Winkel in einem euklidischen Viereck zählen können.

Gleicherweise ändert sich die Zeit von Schwerefeld zu Schwerefeld. Die Uhren gehen darin verschieden schnell. Man kommt zu einem „Uhren-Paradoxon".

Ein wesentlicher Gegensatz gegenüber der speziellen Relativitätstheorie besteht nebst der Verunmöglichung der euklidischen Geometrie darin, daß *c*, also die Lichtgeschwindigkeit, in starken Gravitationsfeldern prinzipiell nicht konstant ist und Werte bekommen kann, die kleiner als 300.000 *km/sec*, aber auch größer sind.

Die Gleichungen der allgemeinen Relativitätstheorie gestatten aber, auch Schwerefelder zu behandeln, welche ganz schwach sind und betreffend der Schwerewirkung zu Null übergehen. In diesem Falle herrschen dann natürlich Galileische Verhältnisse und euklidische Linien, also die Gebiete der speziellen Relativitätstheorie. Deshalb kann diese folgerichtig nicht nur ganz selbständig behandelt, sondern ebenso gut als eigentlicher Teil der „allgemeinen Relativitätstheorie" behandelt werden. Man kann infolgedessen von Einsteins Relativitätstheorien oder Relativitätstheorie in ganz gleichem Sinne sprechen.

Unerläßlich ist es, des weiteren darauf hinzuweisen, daß die Aufstellung der allgemeinen Relativitätstheorie die Aufstellung eines neuen Äquivalenzprinzips verlangt. Einstein erkannte das und fand es. Dieses Einsteinsche Äquivalenzprinzip besagt — wir geben es mit den Worten E. Freundlichs[1], der eine ausdrückliche Empfehlung von Einstein erntete und an dessen bezüglicher Schrift Einstein selbst in mehrfacher Hinsicht mitarbeitete: „Eine etwaige Veränderung, die ein Beobachter im Ablauf eines Vorganges als Wirkung eines Gravitationsfeldes wahrnimmt, würde er genau so wahrnehmen, wenn das Gravitationsfeld nicht vorhanden wäre, er — der Beobachter — aber sein Bezugssystem in die für die Schwere an seinem Beobachtungsorte charakteristische Beschleunigung

[1] Die Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie. Von Erwin Freundlich. Mit einem Vorwort von Albert Einstein, Berlin 1920, p. 45.

versetzte.“ Und weiter: „Die Gravitationsprobleme gehen so in die allgemeine Bewegungslehre einer Relativitätstheorie aller Bewegungen auf. Die Betonung der Äquivalenz von Gravitations- und Beschleunigungsvorgängen erhebt die fundamentale Tatsache, daß alle Körper im Gravitationsfelde der Erde gleich beschleunigt fallen, zu einer grundlegenden Voraussetzung einer Theorie der Gravitationserscheinungen. Diese Tatsache hatte, obwohl sie zu den sichersten unserer Erfahrung zählt, in den Grundlagen der Mechanik bisher überhaupt keinen Platz gefunden. Vielmehr rückte mit dem Galileischen Trägheitsgesetz ein niemals beobachteter Vorgang (die gleichförmige geradlinige Bewegung eines Körpers, der keinen äußeren Kräften unterliegt) an die erste Stelle unter den Grundgesetzen der Mechanik. Und es wurde die wunderliche Auffassung geschaffen, als wenn die Trägheitserscheinungen und die Schwereerscheinungen, die wahrscheinlich nicht minder eng miteinander verknüpft sind, als die elektrischen und die magnetischen, nichts miteinander zu tun hätten. Die Erscheinung der Trägheit wird von der klassischen Mechanik als Grundeigenschaft der Materie an die Spitze gestellt, die Schwerkraft dagegen gleichsam nur als eine der vielen möglichen Kräfte der Natur durch das Newtonsche Gesetz eingeführt. Die erstaunliche Tatsache der Gleichheit der trägen und der schweren Masse der Körper erscheint in ihr nur als zufällig. Das Einsteinsche Äquivalenzprinzip weist dieser Tatsache den Platz an, der ihr in der Theorie der Bewegungserscheinungen gebührt[1].“

Die so fundamentierte Relativitätstheorie ermöglicht nun, sämtliche mechanische Naturgesetze ganz einheitlich zu behandeln. Alle Naturgesetze erscheinen in der Form **ausschließlich relativer Bewegung. Die Einsteinsche Physik,** die allseitig relativistische Physik **kennt keine absolute Bewegung.** „Die Forderung der Relativität aller Bewegungen, die in der neuen Mechanik mit solchem Nachdruck an die Spitze gestellt wird, verdient diese Betonung, weil die Gesetze einer Mechanik, die ihr genügt, wirklich die Beschreibung der Bewegungsvorgänge ermöglichen, **so wie sie sich der Beobachtung bieten.** Aber obgleich man zu der sicheren Erkenntnis gelangte, daß es keinen Sinn habe, von der abso-

[1] A. a. O. p. 46 f.

luten Bewegung eines Körpers im Raum zu sprechen, so bereitete es doch unüberwindliche Schwierigkeiten, die Gesetze der Mechanik dem Postulat der Relativität aller Bewegungen anzupassen[1]." **Das ist Einstein gelungen mit Hilfe der in diesem Referate angeführten Sätze.**

V.

Erfolge und Bestätigungen der Einsteinschen speziellen und allgemeinen Relativitätstheorie.

A. Größte Physiker, theoretisch tüchtigste und experimentell erfahrenste Forscher haben sich zuerst der speziellen Relativitätstheorie, mit welcher Einstein schon im Jahre 1905 ans Tageslicht rückte und welche der Mathematiker Hermann Minkowski mathematisch durchforschte, glänzend weiterführte und mathematisch vollendete, scharf entgegengestellt und erst nach einiger Zeit sich den kühnen Entdeckungen gefügt und sich selbst die Neuerungen zu Nutzen gemacht. Jetzt tobt von mehreren Seiten her der Kampf hauptsächlich um Einsteins allgemeine Relativitätstheorie, die etwa im Jahre 1916 vollkommen vorlag. Wäre es da nun nicht das einfachste, nicht bloß theoretisch, sondern experimentell vorzugehen und die mathematischen Ergebnisse der Einsteinschen Konstruktionen mit der Wirklichkeit zu vergleichen, an Hand der Tatsachen zu prüfen? Nobelpreisträger Lenard, eine physikalische Leuchte ersten Ranges, lief mit Wucht gegen Einsteins Theorie an und errang die Siegespalme noch nicht!

Warum hat der Meister den Gegner nicht widerlegt mit einer Reihe von strengen Nachweisen ebenso vieler falscher Ergebnisse, daß es jedermann mit Händen greift? Es scheint, solche Nachweise gar nicht zu geben! Das ist ein großer Erfolg der Arbeiten Einsteins, daß er die Großen der Physik durch sie zwingen kann, sich überhaupt damit zu beschäftigen. In der 86. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte vorletztes Jahr in Nauheim hielt Dr. Hugo Dingler, a. o. Professor an der Universität München, Privatdozent für Methodik, Unterricht und Geschichte der mathematischen Wissenschaften, ein Referat,

[1] Newcomb-Engelmanns Populäre Astronomie. Sechste Auflage, Leipzig 1921, p. 62.

in welchem er sich mit aller Energie gegen die Einsteinsche Relativitätstheorie richtet. Indes sagte er nach weitausgreifenden Erörterungen gegen Ende seines Vortrages[1]: „Es folgt also die wichtige Erkenntnis: Es können beide Theorien (nämlich die von Einstein einerseits und die von Newton und der klassischen Mechanik anderseits) nichts gegeneinander ausrichten, weder für noch gegen und es kann auch keine als empirisch bewiesen oder widerlegt gelten, ehe wir nicht Klarheit über die Geltung und Auswahl der dabei benutzten Prinzipien erhalten haben, auch derjenigen Prinzipien, welche der sogenannten experimentellen Prüfung zugrunde liegen.“ Von allen nicht klaren „Prinzipien“ der Physik, die in Betracht kommen, abgesehen, stimmen demnach alle Experimente mit den Resultaten der Newtonschen und der gegensätzlichen Einsteinschen Mechanik in gleicher Weise unwiderlegt überein. Man sieht, wie sehr Dingler angesichts der experimentellen Übereinstimmung der physikalischen Tatsachen mit den mathematischen Resultaten der Einsteinschen Neuerungen in Verlegenheit ist. Er kann sie nicht leugnen; die Übereinstimmung zeugt für Einstein wie für Newton, soweit überhaupt Newtonsche Mechanik reicht. Und bevor Dingler so vieles eingestand vor den aufmerksam horchenden deutschen Naturforschern und Ärzten, hat er sich doch zweifellos genau nach soliden Waffen umgesehen im riesenhaften Arsenal der modernsten Physik. Noch im vergangenen Jahr 1921 erschien Dinglers Werk: „Physik und Hypothese“, das er gegen Einstein schrieb, jedoch wiederum keine Nachweise experimenteller Widersprüche vorweist. Umgekehrt schreibt Born[2]: „Wir werden im folgenden zahlreiche Schlüsse aus der Einsteinschen Theorie ziehen, die zuerst starken Widerspruch fanden, bis es gelang, sie experimentell zu bestätigen.“ Und am Schlusse seines wertvollen Buches: „Die Kraft der neuen Lehre beruht auf ihrer unmittelbaren Herkunft von der Erfahrung; sie ist eine Tochter des Experimentes und hat selbst neue Experimente geboren, die von ihr Zeugnis ablegen“ (p. 257). Nach seinem

[1] Kritische Bemerkungen zu den Grundlagen der Relativitätstheorie. Leipzig 1921, p. 25.

[2] A. a. O. p. 190.

besonderen Zeugnis wird deshalb auch die aufwachsende akademisch-naturwissenschaftliche Jugend „relativistisch“ gebildet. Mit Nachdruck sei das betont.

B. Endlich aber etwas aus tatsächlichen Verhältnissen, was auf Newtonscher Grundlage trotz halbhundertjähriger, scharfsinnigster Arbeit bis heute noch nicht erklärt werden konnte oder was der Newtonschen Mechanik überhaupt ganz entgangen ist.

Jedermann wird sich etwa aus dem früheren Studium an jene geistige Riesenleistung erinnern, welche Leverrier im Jahre 1846 vollendete und in der bloß rechnerischen Entdeckung des Planeten Neptun bestand. Überwältigt von gerechtem Staunen über die Geisteskühnheit, den bewundernswerten Scharfsinn und die unermüdliche Rechnungsarbeit Leverriers — es sei hier ausdrücklich bemerkt: eines katholischen Gelehrten — und über die durch den Erfolg bewiesene Richtigkeit und Allumfassung der Newtonschen Schweregesetze, nannten viele diese Entdeckung im fernen Weltraum „den größten Triumph der menschlichen Wissenschaft“. Derselbe Leverrier errechnete auch eine Bahneigentümlichkeit des Planeten Merkur. Diese besteht darin, daß sich die Bahnellipse in der Weise in ihrer Lage um die Sonne dreht, daß ihr sonnennächster Punkt, das Perihel, sich stetig etwas verschiebt. Diese Perihelverschiebung beträgt jedoch in vollen hundert Jahren nicht einmal eine Bogenminute, sondern nur ungefähr 43 Bogensekunden nach Befund der Astronomie. Man suchte deshalb manche Jahrzehnte lang einen anderen Planeten, der diese Abweichung verursachen würde, aber man fand visuel und photographisch keinen. Ebensowenig entdeckte man andere Faktoren, welchen mit Sicherheit diese Einwirkung zugeschrieben werden könnte. Endlich kam eine neue Gravitationstheorie, eben diejenige Einsteins mit der allgemeinen Relativitätstheorie. Die genaue Planetenbahnberechnung nach Einsteins Theorie ergibt nun mit Genauigkeit jene Merkurbewegung und zwar restlos mit dem Betrag von 43 Sekunden für ein Jahrhundert. Mit ungeheurer Begeisterung für die neue „grundstürzende Lehre“ und für ihren Begründer, Albert Einstein, selbst, trugen die großen Weltblätter diesen Erfolg und diese „glänzendste Bestätigung“ über die ganze zivilisierte Welt hin. Weitere Ausführungen in dieser Richtung verbietet uns der Raum dieser Zeitschrift.

Wer schon von Einsteins Erfolgen gelesen hat, der hat wahrscheinlich auch von der Krümmung der Lichtstrahlen gehört. Wir waren selbst Teilnehmer und sind Zeuge von folgendem: An der 96. Jahresversammlung der Schweizerischen naturforschenden Gesellschaft im Jahre 1913, also unweit des Termins der Vollendung der allgemeinen Relativitätstheorie, hielt Professor Einstein einen Vortrag über die Grundlagen und Ausblicke seiner neuen Gravitationstheorie, im wesentlichen so, wie wir sie oben entwickelt haben. Einstein erklärte dann wörtlich: „Als Hauptergebnis findet man so eine Krümmung der Lichtstrahlen im Gravitationsfeld, die für einen an der Sonne vorbeistreichenden Lichtstrahl 0·84" betragen." Die Sonne war schon zehntausendfach beobachtet und photographiert worden. Aber an eine solche Tatsache, die Einstein mit Größenangabe aus seiner Theorie voraussagte, hatte nie ein Astrophysiker gedacht. Um das Verständnis zu erleichtern, nur kurz einige Weiterungen. Wir legten oben dar, daß nach Einstein jeder Körper ein Schwerefeld erzeugt. In diesem Schwerefeld erleidet alles eine Krümmung, sagen wir gemäß den Kraftlinien, welche das Schwerefeld durchziehen. Auch jeder Lichtstrahl muß sich der Kraftlinie, in deren Bereich er kommt — nicht ganz unähnlich einem Eisen im Kraftfeld eines Magneten — anbequemen. Um eine meßbare Ablenkung von der geraden Bahn zu erzwingen, ist freilich ein entsprechend starkes Kraftfeld nötig. Ein solches herrscht rings um die Sonne. Den außerordentlich schwierigen mathematischen Teil der Theorie hatte Einstein dem Mathematiker Prof. Dr. Marzell Großmann, Zürich, überlassen. Der ganze Winkel der Lichtstrahlablenkung von der Sonne für sonnenradiusgroßen Abstand des Lichtstrahls bei der Sonne beträgt 1·7 Bogensekunden. Einstein schreibt in der 12. Auflage seiner uns schon bekannten Schrift: „Es sei hinzugefügt, daß diese Ablenkung nach der Theorie zur Hälfte durch das (Newtonsche) Anziehungsfeld der Sonne, zur Hälfte durch die von der Sonne herrührende geometrische Modifikation („Krümmung") des Raumes erzeugt wird." Während den wenigen Minuten einer totalen Sonnenfinsternis kann man die Sterne hart neben dem Sonnenrande auf die photographische Platte bekommen. Der Weltkrieg verhinderte die geplante Expedition zu einem entsprechenden Standort. Die englische Astro-

nomical Royal Society rüstete aber drei Forscher: Eddington, Crommelin und Davidson aus zu besagtem Zwecke für die totale Sonnenfinsternis von 29. Mai 1919. Die photographischen Standorte waren in Sobral in Brasilien und auf der westafrikanischen Insel Prinzipe. Max Born berichtet[1]: „Das Resultat der Ausmessung der Platten konnte am 6. November 1919 verkündet werden und bedeutete den Triumph der Einsteinschen Theorie: Die von Einstein vorhergesagte Verschiebung, die am Sonnenrande 1·7 Bogensekunden betragen soll, ist in vollem Umfange da. Seit dieser größten Leistung moderner Prophetie kann die Einsteinsche Lehre als gesicherter Besitz der Wissenschaft gelten." So drucken die meisten Autoren das Ergebnis.

Damit die wissenschaftlichen Vertreter der Theologie und der Philosophie das exakte Material, um das sie sich zweifellos interessieren, vor sich haben, bringen wir hier zwei der Resultate, die Einstein selbst im Jahre 1921 abdruckte (im Jahre 1920 fehlten sie noch in der gleichen Schrift). Er schrieb zwei Sätze zur Erklärung voraus. Alles wie folgt: „Das Ergebnis der Messung bestätigte die Theorie in durchaus befriedigender Weise. Die rechtwinkligen Komponenten der beobachteten und berechneten Abweichungen der Sterne (in Bogensekunden) sind in folgender Tabelle enthalten:

Nummer des Sternes	1. Koordinate		2. Koordinate	
	Beobachtet	Berechnet	Beobachtet	Berechnet
5	— 0·29	— 0·31	— 0·46	— 0·43
2	+ 0·95	+ 0·85	— 0·27	— 0·09[2]

Beim Stern Nummer 5 betragen demnach die Unterschiede zwischen der Voraussage und dem wirklichen Naturbefunde nur 0·02 und 0·03 Bogensekunden für die Koordinaten; beim Stern Nummer 2 nur 0·1 und 0·18 Bogensekunden.

[1] A. a. O., p. 254.

[2] Wir haben hier nur zwei Zahlenreihen abgedruckt und also bloß einen Teil der Tabelle wiedergegeben.

Diese außerordentlich kleinen Differenzen sind das Minimum und das Maximum sämtlicher Differenzen aller Berechnungen und wirklichen Abmessungen von sieben in Betracht fallenden, photographierten „Finsternissterne". Die Theorie hat also zu einer ungeahnten Entdeckung geführt, welche zweifellos wieder auf andere, neue Gesichtspunkte für astronomische Berechnungen führen wird. Weil das jedoch das erste Experiment dieser Art ist, so ist es begreiflich, daß man nachträglich auf die Möglichkeit einiger übersehener Fehlerursachen kam, z. B. eine feinste Krümmung des verwendeten Heliostat-Spiegels durch die auffallenden Sonnenstrahlen vor der Verfinsterung; „Nachbarschaftseffekt" der Sonnenkorona; Unkenntnis der jährlichen kosmischen Refraktion[1]. Aber trotz aller solcher Möglichkeiten glaubt Otto Birk, Potsdam, schreiben zu dürfen[2]: „Gleichwohl erscheint das Vorhandensein einer Sternverdrängung der von Einstein vorausgesagten Art bereits nach Vorzeichen und Größenordnung sichergestellt." Die Astrophysiker sind nun mit anerkennenswertem Fleiße darauf bedacht, die möglichen Fehlerquellen für die Photoaufnahmen während der Totalität der Sonnenfinsternis am Morgen des 21. September dieses Jahres (1922) experimentell festzustellen, zu berechnen und auszuschalten. Die betreffende Lichtstrahlkrümmung nennt man „Einsteineffekt".

Eine andere von Einstein vorausgesagte, früher ungeahnte optische Erscheinung ist die sogenannte „Rotverschiebung der Spektrallinien" in einem sehr starken Gravitationsfelde, also auf der Sonne und bei Fixsternen. Einstein schreibt neuestens (d. h. noch 1921): „Bei der Sonne beträgt die zu erwartende Rotverschiebung etwa zwei Millionstel der Wellenlänge. — Ob dieser Effekt tatsächlich existiert, ist eine offene Frage, an deren Beantwortung gegenwärtig von den Astronomen mit großem Eifer gearbeitet wird. Bei der Sonne ist die Existenz des Effektes wegen seiner Kleinheit schwer zu beurteilen . . ." Und Einstein sagt: „Wenn die Rotverschiebung der Spektrallinien durch das Gravitationspotential nicht existierte, wäre die allgemeine Relativitätstheorie unhaltbar. Anderseits wird das Studium der Linienverschiebung, wenn sein

[1] Vgl. „Naturwissenschaften", Jahrg. 1921, p. 760.
[2] Ib. p. 761.

Ursprung aus dem Gravitationspotential sichergestellt sein wird, wichtige Aufschlüsse über die Massen der Himmelskörper liefern.“ Manche halten bezügliche Ergebnisse bereits als erwiesen, andere bezweifeln sie oder fanden keine.

(Schluß folgt.)

Altstätten (St. Gallen).

Dr. theol. und phil. *Jac. M. Schneider.*

LITERARISCHE BESPRECHUNGEN.

1. **Jacques Maritain, Eléments de Philosophie.** I. Introduction génerale à la Philosophie. 4me édition revue et corrigée. Paris, Téqui, 1921. XI u. 228 p. in 8°.

Diese Elemente der Philosophie sollen ein Handbuch bieten zur Vorbereitung auf den zweiten Teil des Bakkalaureats in Frankreich. Das erste vorliegende Bändchen enthält die Einleitung in die Philosophie. Weitere sechs Bändchen, die noch ausstehen, sollen bringen: die Logik, die Naturphilosophie, die Psychologie, die Metaphysik, die Ethik mit einer Philosophie der Kunst, und die Geschichte der Philosophie. Der Verfasser steht ganz auf dem Standpunkt der aristotelisch-thomistischen Philosophie, die er jedoch darstellen will in lebendigem Zusammenhange mit den neueren Fragen.

Die vorliegende Einleitung in die Philosophie behandelt die Begriffsbestimmung und die Einteilung der Philosophie. Die Begriffsbestimmung wird dargelegt an der Hand der Geschichte der Philosophie bis zu Aristoteles. Denn die Geschichte der Philosophie bis Aristoteles stellt das Werden der wahren Philosophie, der philosophia perennis dar. Die Geschichte der alten Philosophie nach Aristoteles und die Geschichte der neueren Philosophie wird im letzten Bändchen enthalten sein. Die Einteilung der Philosophie wird so vorgeführt, daß schon die großen Fragen angedeutet werden, die in der Philosophie selbst ihre Lösung finden sollen.

Von Maritains Einleitung sind in kürzester Zeit drei Auflagen vergriffen worden. Ein außerordentlicher Erfolg, der aber gut begründet ist. Genauigkeit, Vollständigkeit und Klarheit der Darstellung unter Vermeidung jeder Weitschweifigkeit machen das Buch zu einem vorzüglichen Handbuch. Schon aus diesem Bändchen ersieht man, daß der Verfasser sich durchgearbeitet hat zu einem tiefen Verständnis der aristotelisch-thomistischen Philosophie und daß es nicht ein leeres Wort ist, wenn er verspricht, getreulich diese Lehre darzustellen. Dieser Lehre entsprechend scheidet er die erkenntniskritischen Fragen aus der Logik aus und teilt sie der Metaphysik zu. Ebenso läßt er gleich auf die Logik die Naturphilosophie folgen und nicht den ersten Teil der Metaphysik, die Ontologie [1]. Was der Verfasser andeutet über

[1] Neuerdings haben es Farges-Barbedette (Philosophia scholastica[26]) wiederum versucht (gegen Hugon, Cursus philosophiae thomisticae, und mich, Elementa philosophiae aristot.-thom.), diese Behandlungsweise zu rechtfertigen, die eine von der übrigen Metaphysik abgetrennte Ontologie unmittelbar auf die Logik folgen läßt.