

einem Menschenleben nichts gelegen ist, sie trägt zur Schau die Unschuld eines Raubtiergewissens. Jezabel war die würdige Tochter ihres blutigen Vaters Ethbaal, der, ein Priester der Astarte, durch Königsmord sich auf den Thron von Thrus geschwungen hatte.¹⁾ In der Tochter lebte der heidnisch-priesterliche Geist und der grausame Sinn des Vaters fort.

Mit der Frohbotsschaft vom Tode Naboths eilte die Königin zum König und der König wieder eilt gleich am Tage nach Naboths Steinigung (2 Kg 9, 26) aus Samaria nach Jezrahel,²⁾ um den ihnsüchtig begehrten Weinberg in Besitz zu nehmen.

Einsteins Relativitätstheorie.

Von Rudolf Handmann S. J., Linz-Freinberg.

Gewisse Probleme, wie die Geschichte der Wissenschaften uns beigelehrt, beanspruchen für gewöhnlich eine geraume Zeit, bis sie mit ihren Erklärungen, besonders anderen älteren Anschauungen gegenüber, durchgedrungen sind und in weiteren Kreisen eine zufagende Aufnahme gefunden haben. Es erscheint nun sehr auffallend, wie überraschend schnell eine neue Theorie der theoretischen Physik, die „Relativitätstheorie“, sich eine fast allgemeine Anerkennung erobert, ja man kann schon behaupten, einen jung und alt begeisterten Siegeszug durch unsere Kulturwelt gehalten hat. Und doch war es im Grunde genommen nur ein physikalisches, mathematisches Problem, das zwar neue Begriffe mit sich brachte, die aber an ein tieferes Verständnis nicht geringe Anforderungen stellten, daher auch, wie die öffentlichen Vorträge über dieses Thema zeigten, im allgemeinen kein oder nur ein geringes Verständnis fanden.

Grund dieser merkwürdigen Erscheinung ist wohl zunächst die fast rückhaltlose Anerkennung dieser Theorie in wissenschaftlichen Kreisen und die hohen begeisterten Lobsprüche, die ihr von dieser Seite her gespendet wurden. Bezeichnete sie doch der bekannte englische Physiker Thomson, Präsident der königlichen Akademie der Wissenschaften in London, als „den bedeutendsten Fortschritt der Physik seit Newton“, nach Pfüger ist es „eine Entdeckung von weltumwälzender Bedeutung“. Ein anderer Physiker der Neuzeit (1921) äußert sich über diese Theorie (wenn auch nur bei Voraus-

¹⁾ Flavius Josephus, *Contra Apion.* 1, 18.

²⁾ Mit Recht heißt es in V. 16: Achab begab sich zum Weinberg hinab, da Samaria auf einem Hügel, Jezrahel aber in der Ebene Esdrelon gelegen war. — In LXX sind V. 16 die Worte eingefügt: Achab zerriss seine Kleider und zog den Bußsack an. Dieser Zusatz von der Bußtrauer Achabs über den Tod Naboths ist jedoch als unecht fallen zu lassen: eine seltsame Buße, die eifertig das durch Mord Gewonnene einsaß!

sezung ihrer Gültigkeit): „Die Bedeutung der Theorie liegt darin, daß sie uns ein großes, neues, allgemein gültiges Gesetz geschenkt hat, das ähnlich wie das Gesetz von der Erhaltung der Energie, alles Naturgeschehen beherrscht. Wenn es sich endgültig bestätigt, so erhalten wir damit eine Naturauffassung von unermesslicher Weite und erhabener Geschlossenheit. Dann erhält diese ganze Entwicklung unseres Weltbildes von Kopernikus angefangen in Einstein einen großartigen Abschluß.“ Einstein habe in wesentlicher Weise mitgeholfen an dem großen Aufbau der neueren Physik. „Als einer der ersten ist er vorgedrungen in jene Tiefen, aus denen alles Naturgeschehen emporsteigt und hat von dort her besonders wertvolle und kostbare Bausteine hervorgebracht. Was dabei mitgefördert sein mag an Rissigem und Brüchigem, wird mit der Zeit erkannt und wieder verworfen werden. Was aber echt ist und dauerhaft, das wird erhalten bleiben, das wird die Wissenschaft hinauftragen zu den Zinnen ihres Baues. Dort wird es leuchten uns zur Freude und kommenden Geschlechtern zur Bewunderung.“ Man verglich deshalb Einstein mit Pythagoras, Kopernikus und Newton; man wollte ihn (Albert Einstein) auch durch den Namen eines neuen Galilei oder als eines „Albertus Maximus“ geehrt wissen. „Uebereinstimmung bestand nach J. Kremer („Einstein und die Weltanschauungskrisis“, Graz, 1921) darüber, daß mit dem Jahre 1905 ein neues Zeitalter für die Physik herangebrochen sei.“

Waren diese Ruhmeserhebungen Grund genug, für diese Theorie ein allgemeines Interesse zu erregen, so wurde es durch den märchenhaften Inhalt derselben noch mehr erhöht. Wollen wir den Anhängern Einsteins Glauben schenken, so müssen wir sie für eine umstürzend neue Weltanschauung halten. In ihr eröffne sich uns ein neues Weltbild; durch sie werde die wahre Natur von Zeit und Raum enthüllt, die wahre Natur der Bewegungen und Kräfte. Einstein habe die ganze ältere Physik in Stücke geschlagen und auf den Trümmern ein neues Gebäude errichtet; die alte euklidische Geometrie beruhe auf Vorurteilen, kurz, alle früheren Anschauungen müßten vom Grunde aus geändert, verbessert werden. Wir müssen, wie Einstein will, „Umdenken“ lernen und uns althergebrachter Anschauungen entledigen. Es ist nach J. Kremer (a. a. D.) für unsere Zeit bezeichnend, daß „eine physikalische Theorie aus dem geschlossenen Bereich der rein wissenschaftlichen Kontroverse herausgegriffen und zu einer naturhistorischen Bedeutung aufgebaut werden konnte, weil sie — wie Kremer beifügt — geeignet schien, in den Dienst der modernen relativistisch-pragmatischen Bestrebungen gestellt zu werden“. Es wurden denn auch fast alle Wissenschaften in den Zauberkreis der Relativitätstheorie hineingezogen, die Mathematik, Physik, Astronomie, die Biologie, Physiologie, die Heilkunde und andere Spezialwissenschaften, namentlich aber auch die Naturphilosophie. Die Fragen der Relativitätstheorie haben daher auch, wie aus allem

ersichtlich, ein hohes, apologetisches Interesse. Wie der Philosoph, so wird auch der Theologe nicht mehr gleichgültig an ihr vorübergehen dürfen.

Es hat deshalb ein Theologe und zugleich ein Physiker von Fach, P. Theo Wulf S. J., Professor der Physik am Ignatius-Kolleg in Valkenburg, vor kurzem eine Schrift¹⁾ erscheinen lassen, in der er die Einsteinsche Relativitätstheorie mit allen ihren Einzelfragen sachlich darlegt und unter anderem auch ihre Stellung oder Bedeutung für die Philosophie auseinandersetzt und einigen aus der Theorie gezogenen irrtümlichen Folgerungen entgegentritt.

Wegen der Bedeutung der Relativitätstheorie für die Fundamentaltheologie und Apologetik erschien es auch angezeigt, diese Theorie in einer theologischen Zeitschrift zur Sprache zu bringen. Es hat denn auch die verehrliche Redaktion der „Quartalschrift“ den Verfasser vorliegender Zusammenstellungen aufgefordert, die neue Theorie in ihren Hauptfragen im Anschluß an obige Schrift darzulegen und einer kritischen Besprechung zu unterziehen. Es soll dies in nachfolgenden Erörterungen geschehen. Die Darstellung soll klar und verständlich, die Sprache daher schlicht und einfach sein.

I. Vorbemerkungen.

Es handelt sich daher bei unserer Untersuchung um die Beantwortung der Frage: Sind die Grundsätze und Ansichten Einsteins, die er in seiner Relativitätstheorie aufgestellt, bezw. jene, welche seine Anhänger und die Physiker überhaupt als die geltenden Prinzipien der „Relativitätstheorie“ bezeichnen, logisch und physikalisch begründet und annehmbar oder nicht?

1. Absolute und relative Bewegung, absolute und relative Ruhe.

Bezugskörper. Das Relativitätsprinzip der klassischen Mechanik. Absolut heißt seinem Wortlauten und Begriffe nach unabhängig, für sich bestehend; und ihm gegenüber bedeutet

¹⁾ Einsteins Relativitätstheorie, gemeinverständlich dargestellt von P. Theo Wulf S. J., Professor der Physik am Ignatius-Kolleg zu Valkenburg. Mit acht Abbildungen im Text (86 Seiten). 1921. Innsbruck-Wien, Verlagsanstalt „Thyrolia“. — Diese Schrift muß als eine der besten bezeichnet werden, die bisher für weitere Kreise über die Relativitätstheorie veröffentlicht wurden. Sie ist trotz ihrer Kürze eine sachliche, vortrefflich gehaltene Einführung in eine an sich nicht leicht verständliche Frage der theoretischen Physik. Sie wird ein verlässlicher Führer jedem sein, der, wie der Verfasser sagt, „das wunderbare Land kennen lernen möchte, das Einstein jüngst entdeckt hat“. Über manche Fragen hat sich der Verfasser, wohl mit Absicht, noch nicht offen aussprechen wollen; und teilweise nimmt er eine noch zuwartende Stellung ein. Es haben sich auch unterdessen die Urteile über den wissenschaftlichen Wert der Theorie mehr erklärt.

relativ etwas Bezugliches oder das zu einem anderen eine Beziehung hat, von ihm abhängig ist.

So verhält es sich auch bei dem Begriff von Bewegung und Ruhe.

Ruhe und Bewegung können wir wahrnehmen an unbelebten und belebten Körpern, z. B. an einem stille stehenden oder bewegten Eisenbahnzug, an der Erde, Sonne, Mond, an einem Stein, einer Pflanze, einem Tiere, einem Menschen.

Befinden wir uns in einem dahinrollenden Eisenbahnzug ruhig auf unserem Sitz, so können wir sagen: wir ruhen in Bezug auf den (oder relativ zum) bewegten Eisenbahnzug; wir bewegen uns aber (oder werden bewegt) in Bezug auf den (oder relativ zum) Fahrdamm.

Wenn nun der Eisenbahnzug stille steht, ruhen wir dann absolut oder überhaupt in jeder Beziehung? Nein! Denn die Erde besitzt auch eine Bewegung um ihre eigene Achse und um die Sonne, mit der Erde bewegt sich daher auch der sonst stille stehende Eisenbahnwagen und wir mit dem Wagen und der Erde. Wir müssen dann sagen: wir ruhen relativ zum Wagen, zum Fahrdamm, zur Erde, aber wir bewegen uns relativ zur Sonne. Aber auch die Sonne bewegt sich, wie die Astronomie uns lehrt, mit dem ganzen Planetensystem im Weltenraum in einer bestimmten Richtung und vielleicht auch alle Sternensysteme, so daß alle Körper, soweit unsere Kenntnisse reichen, entweder nur relativ ruhen oder nur relativ sich bewegen, also keine absolute Ruhe und keine absolute Bewegung zeigen.

Woran erkennen wir aber, daß ein Körper ruhe oder sich bewege? Wir können diese Ruhe oder Bewegung wieder nur relativ zu einem anderen Körper, also einem Bezugskörper feststellen. Fehlt ein solcher Bezugskörper, so sehen wir uns außerstande, ein sicheres Urteil über Bewegung oder Ruhe eines Körpers zu fällen, wenn nicht (wie wir sehen werden) aus der Art gewisser Bewegungen uns gestattet ist, einen Schluß auf den Ruhe- oder Bewegungszustand des Körpers zu ziehen.

Wir können diesen Ruhe- oder Bewegungszustand eines Körpers im allgemeinen nur aus der Veränderung seiner Lage gegen andere Körper erkennen. Da wir die absolute Ruhe oder Bewegung eines Körpers nicht unmittelbar erkennen, fehlt uns hier ein sicheres Erkenntnismittel. Die Erde dreht sich um ihre Achse. Wir erkennen diese Bewegung daraus, daß bei Tage die Sonne und bei Nacht die Sterne unsere Erde umkreisen und nach einer bestimmten Zeit wieder zu derselben Stelle zurückkehren. Die Erde bewegt sich innerhalb eines Jahres auch um die Sonne, weil wir sehen, daß die Sonne während jener Zeitdauer den ganzen Sternenhimmel durchschreitet. Wir bewegen uns ferner mit der Erde und dem ganzen Sonnensystem durch den Weltenraum. Darüber lehren uns gleichfalls die Sterne, deren Dörter am Himmel, wenn

auch erst nach längerer Zeit, sich bemerkbar verschieben. Die Astronomen haben auch an anderen Sonnen, den Sternen (so namentlich an den Doppelsternen), gewisse Eigenbewegungen entdeckt, sie sind aber nicht imstande, auf Grund tatsächlicher Beobachtungen uns zu sagen, ob sich vielleicht auch unser ganzes Astral- oder Sternensystem um ein gemeinschaftliches Gravitationszentrum bewege. Es fehlt hier ein außerhalb des Sternensystems liegender, fester Punkt, an den man dieses ganze System vorbeiziehen lassen könnte, es fehlt ein Bezugskörper. Nehmen wir den Fall an, wir befänden uns in einem Luftschiffe und nachdem wir eine Zeit über eine Landschaft dahingeflogen, geraten wir in ein dichtes Nebelgebiet, das uns jede weitere Aussicht auf die Erde und den Sternenhimmel verhüllt. Wir könnten dann auch in diesem Falle (bei einem gleichmäßig dahinschwebenden Ballon) nicht mehr entscheiden, ob unser Luftschiff sich noch fortbewege oder über einer und derselben Stelle ruhig verweile. Es fehlt uns wieder ein Bezugskörper.

Wir haben bei obigen Erwägungen immer nur eine gleichmäßig und geradlinig fortschreitende Bewegung vorausgesetzt und dies auch nur bei Anwendung mechanischer Mittel. Das Gesagte gilt daher nicht für ungleichmäßig fortschreitende, also beschleunigte Bewegungen und auch nicht für Rotations- oder Drehbewegungen. Bei beschleunigter Bewegung macht sich nämlich die Ungleichmäßigkeit der Geschwindigkeit durch einen Anprall oder Ruck nach vorne oder rückwärts bemerkbar und wir können hieraus entnehmen, daß z. B. ein Eisenbahnzug, in dem wir uns befinden, plötzlich abgebremst wird oder anhält. Ferner erzeugt jede Drehbewegung eine Fliehkraft, zu deren Wahrnehmung wir auch keinen besonderen, außerhalb des Bewegungssystems liegenden Bezugskörper benötigen.

Mit Newton können wir daher schließlich den Erfahrungssatz aussprechen: Wir können, von Beschleunigungen abgesehen, mit mechanischen Mitteln nur relative Bewegungen (durch einen Bezugskörper) erkennen. Es ist dies das schon lange vor Einstein bekannte Relativitätsprinzip der klassischen oder Galilei-Newton'schen Mechanik.

Das Gültigkeitsbereich dieses mechanischen Relativitätsprinzips, wiederholen wir, erstreckt sich daher unserer Voraussetzung nach nur auf gleichmäßig fortschreitende Bewegungen und es läßt nur mechanische Mittel zur Beobachtung zu, das ist Messungen an Längen, Zeiten und Maßen. (Vgl. N. 2.)

2. Die rein mechanischen Vorgänge einerseits und die optisch-elektrischen Erscheinungen anderseits. Der Lichtäther.

Den rein mechanischen Energieformen stehen andere, wie besonders die optisch-elektrischen gegenüber. Wir können nun nicht

von vornherein feststellen, ob das Gültigkeitsbereich des mechanischen Relativitätsprinzips über die mechanischen Erscheinungen hinausgeht oder nicht und ob es vielleicht nicht einmal gelingen werde, alle physikalischen Erscheinungen auf mechanische Vorgänge zurückzuführen, oder umgekehrt selbst die Mechanik einheitlich den elektrischen Gesetzen unterzuordnen. Können wir mit mechanischen Mitteln nur relative Bewegungen wahrnehmen, so entsteht die Frage, ob vielleicht Beobachtungen auf anderen Gebieten der Physik, namentlich auf jenem der optisch-elektrischen Erscheinungen, die Feststellung von Absolutbewegungen gestatten. Nach der begründeten Annahme namhafter Physiker ist der ganze Weltraum, in dem die verschiedenen Energieformen, wie u. a. die Lichtwellen sich ausbreiten, von einem feinen, leicht in Schwingungen versetzbaren Stoff oder Medium, Lichtäther oder nur „Aether“ genannt, erfüllt. Könnte nun dieser vielleicht absolut ruhende Aether nicht als ein Bezugskörper herangezogen werden? Wäre es nicht von Belang, zu untersuchen, ob sich unsere Erde bei ihrer Bewegung durch den Weltraum gegen einen ruhenden Aether bewege und welche Erscheinungen würden dabei auftreten und wahrgenommen werden?

3. Die optischen Versuche von Fizeau und Michelson und deren Bedeutung.

Obige Frage stellten sich einige Physiker schon früherer Zeit und führten auch wichtige Versuche aus, die für die Relativitätstheorie von weittragender Bedeutung sein sollten.

Der Franzose Fizeau, bekannt durch die Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit, experimentierte (1859) mit Wasser und Luft. Die Versuche ergaben, daß der Aether (wie er aus Interferenzerscheinungen des Lichtes schloß) durch schnellfließendes Wasser nur teilweise, durch schnell bewegte Luft dagegen nicht mitgerissen werde, daß somit unsere Erde gegen ein ruhendes Aethermeer sich bewege.

Damit war die Hoffnung gegeben, man werde einmal bei einem weiteren optischen Versuch eine Erscheinung finden, aus welcher die relative Bewegung unserer Erde gegen den ruhenden Aether gefolgt werden könnte. Eine solche Versuchsanordnung, bei welcher mit großer Wahrscheinlichkeit ein bemerkbarer Einfluß des Aethers erwartet werden könnte, erfand der nordamerikanische Experimenter Michelson (1881).¹⁾ Michelson konnte bei seinen Versuchen

¹⁾ In Kürze sei über diese Versuchsanordnung Nachfolgendes bemerkt. Es wurde eine schwach spiegelnde, etwas durchsichtige Glasplatte unter einem Winkel von 45° gegen einen einfallenden (einfarbigen, von einer irdischen Lichtquelle kommenden) Strahl aufgestellt und dadurch, der Lichtstrahl in einen durchgelassenen und einen zurückgeworfenen Teil zerlegt. Es wurden ferner in gleicher Entfernung vom Berlegungspunkt zwei Spiegel

eine optische Streifenverschiebung der Lichtstrahlen von 0:37, mithin von mehr als einem Drittel des Abstandes zweier dunkler Linien (wie sie bei Interferenzerscheinungen auftreten pflegen), also einen sehr bemerkenswerten Betrag erwarten. Und das Ergebnis dieser genau und öfters wiederholten Versuche? Es war äußerst überraschend: es zeigte sich nicht die geringste Spur einer Streifenverschiebung.

Dieses Resultat besagte aber seiner inneren Bedeutung nach: Die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes zeigte sich bei Einrichtung des optischen Apparats von Michelson in der Richtung der Erdbewegung gerade so groß als senkrecht dazu. Man konnte deshalb aus den Versuchen auch nicht schließen, ob und in welcher Richtung die Erde gegen den Aether sich bewege.

Das Resultat dieser Versuche war daher jenem, das Fizeau erzielte, gerade entgegengesetzt: ergaben letztere, daß die Erde gegen einen ruhenden Aether sich bewege, so sprachen die ersten dafür, daß die Erde sich nicht gegen einen ruhenden Aether bewege, sondern vielleicht mitgenommen würde.

Es ist demnach auch mit Lichtsignalen nicht gelungen, die Bewegung der Erde gegen den Aether nachzuweisen, wie ein solcher Nachweis auch mit mechanischen Mitteln nicht möglich gewesen.

Der Widerspruch beider Versuche von Fizeau und Michelson blieb längere Zeit hindurch als ein physikalisches Rätsel bestehen und man fand keinen Weg, die beiderseits erhaltenen Ergebnisse mit einander in Einklang zu bringen.

4. Der Lösungsversuch von Lorentz.

Der erste von den Physikern unternommene, „viel bewunderte“ Lösungsversuch dieses Rätsels stammt von dem holländischen Physiker H. A. Lorentz in Leiden. Mathematische Erwägungen zeigten ihm, die rätselhaften Resultate von Michelson könnten eine Erklärung finden, wenn man annähme: alle Längenmaße wären bei der Bewegung der Erde in der Bewegungsrichtung

senkrecht gegen den Strahl angebracht. Nach Reflexion der beiden aufeinander senkrechten Strahlenäste durch je einen der beiden Spiegel kehren die Lichtstrahlen auf denselben Wege zur Glasplatte zurück; dabei bringen nun der reflektierte Teil des einen und der durchgelassene Teil des andern Strahlenbündels (durch Interferenz) ein System von dunklen und hellen Streifen hervor; der Vorgang wird dann genau durch ein Fernrohr beobachtet. Der Apparat war um seine Vertikalachse drehbar und es konnten deshalb beide Arme desselben in eine verschiedene Stellung gegen den Horizont und gegen die Richtung der Erdbewegung gebracht werden. Bei diesem Wechsel in der die Interferenz bewirkenden Phasendifferenz der Lichtwellen mußte eine sichtbare Verschiebung der Interferenzstreifen erwartet werden, wenn nicht etwa durch irgend eine Ursache die Geschwindigkeit der Lichtfortpflanzung eine Änderung erleiden würde. (Diese Versuchsanordnung mit ihrer mathematischen Entwicklung siehe: Wulf, a. a. O. S. 10 f.)

gegen das ruhende Aethermeer um einen bestimmten Betrag verkürzt und nicht nur alle Längenmaße, sondern auch alle Zeitmaße wären auf dem bewegten Körper verändert, und zwar beide in dem ganz gleichen Verhältnisse von: $1 : \sqrt{1 - v^2/c^2}$.¹⁾

Wie die mathematischen Auflösungen ähnlicher Bewegungsgleichungen (vgl. Dr. L. Flamm, „Das Relativitätsprinzip in elementarer Darstellung“, Vierteljahresberichte des Wiener Vereines zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichtes, 19. Jahrgang 1, Wien 1914) zeigen, kann unbedingt zugegeben werden, daß bei diesen Annahmen die Schwierigkeiten prinzipiell gelöst wären. Lorenz versuchte auch einen physikalisch verständlichen Grund für diese Verkürzung der Maße anzugeben. Seiner Ansicht nach entsteht nämlich bei der Bewegung der Körper gegen den ruhenden Aether ein Gegenwind („Aetherwind“), ähnlich wie bei einer schnellen Bewegung in freier Luft und dadurch werden ihm zufolge die Elektronen (aus welchen er die Körperatome zusammengesetzt betrachtet) aus ihrer Gleichgewichtslage verschoben oder zurückgedrängt und auf diese Weise das Längenmaß des Körpers in der Bewegungsrichtung verkürzt.

Wulf (a. a. D. S. 22) bemerkt zu dieser von Lorenz gegebenen Lösung: „Man kann sich eines unruhigen Gefühls, ob sich das in der Natur wirklich so verhalten möge, kaum entwehren. Da aber niemand einen besseren Ausweg aus der großen Verlegenheit wußte, in welche Michelson die Welt gebracht hatte, so beruhigte man sich einstweilen mit der Lösung, pries den genialen Gedanken Lorenz' und hoffte im stillen, daß doch einmal eine andere Lösung gefunden würde, die in sich weniger unwahrscheinlich sei und die womöglich nicht so große Opfer an gewohnten Anschauungen verlangte, als die Lorenz'sche Hypothese. Aber es sollte anders kommen.“

II. Der Aufbau und Ausbau der Einstein'schen Relativitätstheorie.

Das war bisher der Stand unserer physikalischen Frage, wie wir ihn oben kennen gelernt haben. Da wandte sich im Jahre 1905 der damalige Berner Privatdozent, jetzt Professor der Physik in Berlin, Albert Einstein, unserem Problem zu. Aber er ersann keinen neuen Lösungsversuch, sondern nahm die Ergebnisse der Versuche von Fizeau und Michelson als gegebene Tatsachen hin, an denen nichts mehr geändert werden könne und adoptierte auch den Lösungsversuch von Lorenz; der Michelsonversuch wurde in seiner Weise gedeutet, ein entsprechendes Koordinatensystem mit

¹⁾ In dieser Formel bedeutet c die Lichtgeschwindigkeit = 300.000 km in einer Sekunde, und v die Geschwindigkeit der Erde auf ihrer Bahn = 30 km in einer Sekunde.

drei Raum- und einer Zeitordinate aufgestellt, in mathematische Formeln gekleidet und heraus mit unerbittlicher Konsequenz Folgerungen gezogen, mochten sie auch, wie Wulf bemerkte, „dem gefundenen Menschenverstand noch so ungereimt erscheinen und ohne vor einer althergebrachten Anschaunung Halt zu machen“. So bildeten die Versuche von Fizeau und Michelson den Ausgangspunkt der neuen Relativitätstheorie und es wurde diese immer mehr und mehr bis zu einer allgemeinen Relativitätstheorie ausgebaut.

Im nachfolgenden sollen die Hauptpunkte dieser Theorie noch etwas näher auseinandergesetzt werden.

1. Der Aether.

Da nach den Versuchen von Fizeau ein ruhender Aether, nach jenen von Michelson dagegen kein ruhender Aether anzunehmen wäre, aber ein Körper nicht sich bewegen und zugleich sich nicht bewegen kann und weil bei den Versuchen eine Beeinflussung des „Aethers“ sich nicht gezeigt hatte, so schloß Einstein hieraus, daß ein „Aether“ überhaupt nicht existiere.

Für die Ausbreitung der Lichtstrahlen im Raum griff er deshalb auf die ältere Emissionstheorie (Lichtstoffteilchen) zurück und erklärte: die Ausbreitung des Lichtes im Weltenraum vollziehe sich durch sogenannte „Feldgleichungen“, deren Wirkungen von Punkt zu Punkt erfolgen. Kommen dann die Lichtstrahlen aus dem luftleeren Raum in unsere Atmosphäre, so nehmen sie eine Art Wellenschwingung an. Die Eigenschaften jener Felder sind nach Einsteins Erklärung nicht als etwas „Reales“, aber auch nicht als etwas bloß „Fiktives“ aufzufassen.

2. Das Relativitätsprinzip: Alle Naturvorgänge spielen sich ganz in derselben Weise ab, ob sie von einem ruhenden oder bewegten Beobachter wahrgenommen werden.

Bei jeder Drehung des Apparates von Michelson erhält man stets das gleiche Resultat: es zeigte sich keine Erscheinung, die uns erlaubte, auf den absoluten Bewegungszustand des Beobachters (gegen einen absolut ruhenden Aether) zu schließen. Es ist nicht gelungen und es wird auch nach Einstein nie gelingen, es ist ein Naturgesetz, daß es nicht gelingen kann. Hieraus folgerte Einstein das oben aufgestellte Relativitätsprinzip.

3. Vierdimensionales Raum- und Zeit-Koordinaten-System, „Dingraumzeit“.

Bei Naturvorgängen spielt nicht nur der Ort, sondern auch die Zeit eine wichtige Rolle. Die genaue allseitige Ortsbestimmung geschieht durch drei Raumkoordinaten, gewöhnlich mit der Be-

zeichnung: $X = \text{Länge}$, $Y = \text{Breite}$ und $Z = \text{Höhe}$ und in der Relativitätstheorie auch durch eine beigeordnete Zeitkoordinate $= t$. Alle Koordinaten zusammen bilden ein Koordinatensystem. Wenn wir daher den Beobachter eines Vorganges mit seinen Beobachtungen ausschließen, so können wir ihn auch durch die Angaben eines entsprechenden Koordinatensystems (eines ruhenden S und eines bewegten S') ersetzen und das Relativitätsprinzip Einsteins in die Worte fassen: Alles Naturgeschehen verläuft genau nach denselben allgemeinen Gesetzen, ob es auf das System S oder das System S' bezogen wird, das relativ zu S in beliebiger, geradliniger und gleichförmiger Bewegung begriffen ist. Einstein bezeichnet dies als das Gesetz der speziellen Relativitätstheorie, das sich nur auf geradlinige und gleichförmige Bewegungen bezieht. (Vgl. I, 1.)

Wie Einstein das darauf bezügliche vierdimensionale Koordinatensystem aufgefaßt wissen will, erhellt aus folgender Erklärung.¹⁾ Er sagt: Die alte, uns so selbstverständlich erscheinende Anschauung einer überall im Raum verlaufenden absoluten Zeit ist nicht stichhäftig. Wir müssen also zunächst einmal das Opfer des Intellektes bringen, um auch die Zeit als etwas Relatives und von der Bewegung Abhängiges anzuschauen und denken zu lernen. Die Zeit, die in den bisherigen physikalischen Formeln immer ein unsicherer Kantonist war, wird dadurch plötzlich die vierte gleichberechtigte Dimension einer vierdimensionalen Welt neben den drei Raumdimensionen; die Naturgesetze selbst erscheinen im relativen Raum und in der relativen Zeit als etwas Absolutes und Unwandelbares; alle Zeitmessungen sind relativ. Zwei Ereignisse, welche der Erdbeobachter als gleichzeitig betrachtet, findet das Luftschiff (der Luftschiffahrer) als ungleichzeitig. Eine Zeitspanne, welche der Luftschiff-Beobachter als eine Minute mißt, bezeichnet der Erdbeobachter länger als eine Minute. Auch die Raumzeit sinkt zu den Schatten herab. Sie ist kein selbständiger Behälter, in welchem die Dinge herumschwimmen. Nur die Einheit von Raum, Zeit und den Dingen, die Dingraumzeit, existiert selbständig und hat Struktur. So das Weltbild nach den Anschauungen Einsteins.

Die Zeitkoordinate hat neben den drei Raumkoordinaten der Mitarbeiter Einsteins, Minkowski, in die Relativitätsgleichungen eingeführt. Einstein bemerkt darüber: „Minkowski's wichtige Entdeckung liegt in der Erkenntnis, daß das vierdimensionale zeiträumliche Kontinuum der Relativitätstheorie in seinen maßgebenden formalen Eigenschaften die weitgehendste Verwandtschaft zeigt zu dem dreidimensionalen Kontinuum des Euklidischen geometrischen Raumes.“ (Näheres siehe unten III. 6.)

¹⁾ Vgl. H. Dominik, A. Einsteins neue Naturanschauung, 1920. — A. Pfüger, Das Einstein'sche Relativitätsprinzip.

4. Die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit für alle Beobachter.

Ein anderes, aus dem Michelsonversuch abgeleitetes Grundprinzip der Einstein'schen Relativitätstheorie ist die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit für alle Beobachter. Es hat sich nämlich den bisherigen Ver suchen gemäß keine Abhängigkeit des Lichtes von der Richtung des Strahles gezeigt, auch keine Abhängigkeit von der Wellenlänge des Lichtes, ferner auch keine Abhängigkeit von einer Bewegung der Lichtquelle mit oder gegen den Strahl. Im besonderen hätte sich bei dem Michelsonversuch ein Unterschied zeigen sollen in der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes, wenn der Beobachter sich relativ gegen den Aether bewegte und wenn er ruhte oder, wie wir auch sagen können (s. oben N. 3), wenn der Vorgang auf das eine oder andere der beiden Systeme S und S' bezogen würde, welche nach der Versuchsanordnung von Michelson eine gleichmäßig fort schreitende Bewegung zueinander hatten. Es ist somit nicht gelungen, eine wie immer geartete Abhängigkeit in der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes zu entdecken.

Die Lichtgeschwindigkeit zeigte sich bei Einrichtung des optischen Apparates von Michelson in der Richtung der Erdbewegung gerade so groß wie senkrecht dazu.

Einstein zieht nun auch hier aus dem: „Es ist nicht gelungen“ wieder den Schluß: Es wird nie gelingen, es ist ein unwandelbares Naturgesetz. Daher seine Hypothese: „Die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes ist jederzeit und für alle Fälle konstant, also nicht nur konstant für verschiedene Richtungen, verschiedene Wellenlänge, verschiedene Geschwindigkeiten der Lichtquelle, sondern auch für verschiedene Bewegungszustände des Beobachters.“

Es sei gleich hier beigefügt, daß nach den Einstein'schen Relativitätsgleichungen die Lichtgeschwindigkeit den Höchstwert der Geschwindigkeit darstellt, der überhaupt erreicht werden kann.

5. Die Mathematisierung der Einstein'schen Relativitätstheorie.¹⁾

Die oben dargelegten Grundsätze der Relativitätstheorie, das Relativitätsprinzip (II. 2) und die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (II. 4) wurden von Einstein und Mitarbeitern nach zwei Koordinatensystemen (einem ruhenden und einem bewegten System) in mathematische Formeln gefaßt und für jedes der beiden Systeme, entsprechend den vier Koordinaten (II. 3) je vier Gleichungen aufgestellt. Diese Gleichungen gestatten nicht nur beide Systeme mit-

1) Über die mathematische Formulierung der Relativitätstheorie siehe Wulf, a. a. D. S. 34 ff.

einander in Vergleich zu ziehen und die Angaben der Koordinaten des einen Systems in jene des anderen umzuwandeln, wie dies sonst bei verschiedenen Koordinatensystemen der Fall ist, sondern enthalten auch zugleich die Bedingungen, unter welchen die Prinzipien der Relativitätstheorie vereinbar sind; mit anderen Worten: das Relativitätsprinzip und die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit können nur dann zusammen bestehen, wenn für die Koordinaten beider Systeme die in den Gleichungen ausgesprochenen Beziehungen bestehen, das ist wenn das Relativitätsprinzip und die zugrunde gelegte Konstanz der Lichtgeschwindigkeit zu Recht bestehen.

Die Auflösungen dieser Gleichungen ergeben daher auch u. a. die Relativität von Längen und Zeitdauern, den von Lorentz zur Erklärung des Michelsonversuches berechneten Wert. Auch ist in ihnen die Relativität der Gleichzeitigkeit zweier Vorgänge ausgesprochen. Nach Einstein ist eben auch die „Gleichzeitigkeit“ zweier Vorgänge ein relativer, von dem Bewegungszustand des Beobachters abhängiger Begriff. Was nämlich inbezug auf einen Beobachter gleichzeitig ist, ist es nach Einstein nicht inbezug auf einen anderen Beobachter, der relativ zu dem ersten bewegt wird. (Vgl. Wulf, a. a. O. S. 28 ff.)

6. Die allgemeine Relativitätstheorie.

Einstein hatte sein spezielles Relativitätsprinzip (II. 2. 3.) unter Voraussetzung einer gleichförmigen, geradlinigen Bewegung, ebenso wie diese bei dem Relativitätsprinzip der klassischen Mechanik (I. 1.) vorausgesetzt wird, aufgestellt. Nach vielen spekulativen Erwägungen (s. Wulf, a. a. O. S. 47 ff.) kam Einstein zur Ansicht, man könne diese Einschränkung fallen lassen und er sprach sich im Jahre 1915 für das allgemeine Relativitätsprinzip aus, das ist ein Prinzip, das für alle Bewegungen, also nicht bloß für geradlinige und gleichförmige, sondern auch für beschleunigte und Drehbewegungen, seine Gültigkeit hat. Nach Einstein kann eine absolute Bewegung auch nicht aus einer beschleunigten, und auch nicht aus der Fliehkraft erkannt werden. Was wir bisher der „Trägheit“ zugeschrieben, können wir auf Gravitationswirkungen zurückführen; „Trägheit“ und „Schwere“ sind identische Begriffe. Die Schwerung hängt aber mit der allgemeinen Anziehung zusammen und es herrschen hier nach Einstein eigentümliche Verhältnisse, die für die Relativitätstheorie von Bedeutung sind. Kommt nämlich ein schnell bewegter Körper in ein Gravitationsfeld, so wird durch die Gravitations- oder Schwerewirkung auch eine diesbezügliche Längen- und Zeitmessung beeinflusst, und zwar wieder nach Maßgabe der Geschwindigkeit des Körpers.

Einstein bringt folgende Versuche. (S. Wulf S. 58 ff.) „Wenn man auf einer schnell gedrehten Kreisscheibe einen kurzen Maßstab

an den Umfang legte (also in der Bewegungsrichtung) und ausmaß und dann mit demselben Maßstab den Durchmesser ermittelte (also senkrecht zur Bewegungsrichtung), so hätten wir für das Verhältnis die berühmte Zahl $\pi = 3,14$ finden sollen. Wir fanden aber stets eine größere Zahl. — Als wir uns gleiche Quadrate herstellten und daraus ein größeres Quadrat mit doppelter Kantenlänge bilden wollten, ergab sich, nachdem wir drei sorgsam zusammengelegt hatten, daß das vierte in die Ecke nicht hineinpaßte. Die Summe der Winkel um den Punkt 0 (Mittelpunkt) war mehr als vier Rechte und ein anderes Mal war sie wieder weniger als vier Rechte. Schließlich maßen wir die drei Seiten eines rechtwinkeligen Dreiecks aus und bildeten a^2 und $b^2 + c^2$. Nach dem Pythagoräischen Lehrsatz hätte $a^2 = b^2 + c^2$ sein sollen. Es war aber größer. Kurz, die ganze Euklidische Geometrie versagte, sobald wir uns mit unserer Beobachtung in einem Gravitationsfeld befanden. Aber wir konnten keine andere Geometrie, die überall gültig gewesen wäre, an ihre Stelle setzen. Wo das Gravitationsfeld anders war, war auch die Geometrie anders. Wir mußten uns überzeugen, daß unsere Koordinaten keine geraden Linien mehr waren, sondern gekrümmte, an einer Stelle dichter beisammen, an einer anderen weiter voneinander abstehend. Soweit keine Gravitation bemerkbar war, verliefen sie gerade, so wie ein schwerer Himmelskörper in die Nähe kam, krümmten sie und wandten sich.“ Deshalb wird auch nach Einstein der Lichtstrahl nach unten, das ist zu dem schweren Körper hin gekrümmt erscheinen. Auf gleiche Weise sind nach Einstein auch viele andere Anschauungen, die wir uns gebildet, zu beurteilen, so u. a. bei folgenden Fällen: „Wenn ein Zug (Eisenbahnzug) mit einem scharfen Rück anfährt, daß die Gepäckstücke aus den Reihen fallen und alle Köpfe gegen die Wände des Abteils fliegen, dann sagen wir jetzt: Der Zug ist plötzlich beschleunigt worden, die Gepäckstücke und die Köpfe kamen so schnell nicht nach und so geschah das kleine Unglück.“ — Das allgemeine Relativitätsprinzip sagt: Das wissen wir nicht. Vielleicht ist der Zug ruhig an seiner Stelle geblieben, nur die Gepäckstücke und die Köpfe haben sich plötzlich in Bewegung gesetzt und sind aus den Reihen und an die Wände des ruhig dastehenden Zuges geflogen, in demselben Augenblick, wo auch der Bahnhof mit den Schienen sich in Bewegung setzte. — Seit Kopernikus sind wir überzeugt, daß die Erde sich dreht und dadurch die Erscheinung der täglichen Drehung des Himmelsgewölbes mit dem ganzen Fixsternhimmel hervorruft. Nach dem allgemeinen Relativitätsprinzip können wir das nicht mehr sagen. Vielleicht hatte Ptolomäus doch recht und macht der ganze Sternenhimmel den gewaltigen Bogen in 24 Stunden um die ruhig dastehende Erde. Aber noch viel mehr. Wenn der Knabe draußen seinen Kreisel treibt und das kleine Spielzeug sich zwanzigmal in einer Sekunde umdreht, so steht vielleicht der Kreisel still und die Erde und die Sonne und der ganze Sternen-

himmel dreht sich zwanzigmal in der Sekunde um den Kreisel. Und wenn der Knabe dann mit einem Hieb seiner Schnur den Kreisel von 20 auf 50 Umdrehungen bringt, so hat er vielleicht durch diesen Hieb die ganze Erde und die Sterne so in Bewegung gesetzt, daß sie auf ihrer Eisenbahn statt zwanzigmal jetzt fünfzigmal in einer Sekunde das Spielzeug des Knaben umkreisen."

Nach Einstein müssen wir eben annehmen, daß auch die beschleunigten und drehenden Bewegungen nur relativ seien und er behauptet, daß die Tiekhkraft herkommt von der Wechselwirkung zwischen dem rotierenden Körper einerseits und der ganzen Umwelt andererseits, daß sie demnach in gleicher Weise auftritt, ob der Körper rotiert oder der ganze Fixsternhimmel sich um den ruhenden Körper dreht.

Beide Anschauungen seien seiner Relativitätstheorie gemäß prinzipiell gleich möglich und wir hätten kein Mittel, uns in dem einen oder anderen Sinne zu entscheiden. Beide Annahmen seien gleichberechtigt. Er begründet diese seine Ansicht durch die Annahme, es werden bei allen drehenden und beschleunigten Bewegungen gegenüber anderen Systemen, so auch gegenüber dem ganzen Sternensystem Gravitationskräfte induziert oder ausgelöst, welche die Beschleunigung unserer Erde und selbst des Sternenhimmels hervorbringen können, ähnlich wie durch die Drehung des Ankers im magnetischen Feld der Dynamomaschine elektrische Kräfte induziert werden.

7. Die Beweise für die Relativitätstheorie.

Einstein suchte seine Theorie auch durch gewisse direkte Beweise zu erhärten und zu zeigen, daß auch andere, besonders optische Erscheinungen, in voller Übereinstimmung mit seiner Theorie sich befinden. Hierher gehören: die Aberration des Fixsternlichtes, das Dopplersche Prinzip in der Spektralanalyse. Als Beweise werden namentlich aus der Astronomie einige zum Teil noch unbekannte Erscheinungen, die Einstein berechnet und vorhergesagt, angeführt, wie die Perihelbewegung des Planeten Merkur, die Ablenkung des Lichtes durch die Sonne, die Rotverschiebung der Spektrallinien. Da gegenwärtig großartige Anstalten getroffen werden, um besonders einige dieser Erscheinungen mit größtmöglicher Genauigkeit zu untersuchen und nachzuprüfen, erwartet man die Resultate dieser Beobachtungen mit großer Spannung. Näheres über diese „Beweise“ im folgenden Abschnitt.

III. Kritik der Einsteinschen Relativitätstheorie.

Zu einem besseren Verständnis der Einsteinschen Relativitätstheorie, die gegenwärtig noch so sehr die Geister aufregt, sind wir auf die physikalische Grundlage und die Hauptpunkte der Theorie

selbst etwas näher eingegangen. Es ist nun auch unsere Aufgabe, diese Theorie auf ihre Richtigkeit und ihren inneren Wert zu prüfen. Es erscheint dies um so notwendiger, als aus dieser Theorie, wie schon am Anfang unserer Besprechung weiter ausgeführt worden, sich selbst eine Weltanschauung entwickelt hat, die auf philosophisch irrtümlichen Darlegungen und unkorrekten oder falschen Folgerungen beruht, zu welchen teils einige Erklärungen Einsteins, teils jene seiner Freunde und Anhänger Anlaß boten. Wenn wir nun auch dem Scharfsinn, den Einstein bei Auffstellung seiner Theorie in einigen Fragen bekundete, volle Anerkennung zollen, ja Bewunderung entgegenbringen müssen, so können wir doch auch zur Steuer der Wahrheit und von unserem apologetischen Standpunkt aus das Recht beanspruchen, mit aller Offenheit die Schwächen dieser neuen Theorie aufzudecken, einige missverstandene Begriffe klarzustellen, irrgen Anschauungen aber entschieden entgegenzutreten.

1. Der Michelsonversuch.

Die wesentliche Grundlage der Einsteinschen Relativitätstheorie bilden die oben angeführten Versuche von Michelson. Wären sie aus irgend einem Grunde unrichtig, so würde auch das ganze Gebäude der Theorie in sich zusammenfallen. Wenn nun auch ein ausgezeichneter Physiker, der Italiener A. Righi, dabei einen kleinen, aber doch ausschlaggebenden Fehler entdeckt haben will, so dürfen wir doch wohl in Übereinstimmung mit allen Physikern, gegen ihre Richtigkeit keinen Zweifel erheben; sie wurden wiederholt mit aller Sorgfalt und Genauigkeit ausgeführt und wir können deshalb die Versuche als solche als sichergestellte Tatsache annehmen. Die Versuche besagen aber: Es ist auch mit optischen oder Lichtversuchen nicht gelungen, eine Absolutbewegung festzustellen. Auch Einstein nimmt diese Versuche mit ihrem Resultat als Tatsache hin, aber ohne eine weitere Untersuchung anzustellen, baut er auf diesem negativen Fundamente: „Es ist nicht gelungen“, seine Theorie auf, ja er geht dabei noch weiter und behauptet: Es wird auch nie gelingen, es ist ein Naturgesetz. Eine auf einer Negation aufgebaute Theorie hat aber schon an sich etwas Unbefriedigendes und Missliches und die Erweiterung der Negation: „Es wird nie gelingen“, ist eine ganz willkürliche Annahme und entzieht der Theorie für die Zukunft jeden Boden; es ist ein „gemachtes“ Naturgesetz, das vielleicht durch eine spätere Beobachtung hinfällig wird.

2. Erklärung des Michelsonversuches. Der Lichtäther.

Einstein nahm den Versuch von Michelson hin mit seinem Ergebnis, daß es nicht gelungen ist, eine Absolutbewegung gegen einen Aether festzustellen oder in einem anderen Sinne, daß wir keine andere als nur relative Bewegung wahrnehmen können.

Zunächst schloß Einstein aus diesem negativen Ergebnis auf die Nichtexistenz eines Lichtäthers und nahm für die Ausbreitung des Lichtes die Emissionstheorie (Lichtstofftheorie) an.

Einstein hätte aber bei Klärstellung unserer Frage über die absolute und relative Bewegung auch die Ergebnisse der Versuche von Fizeau, die für einen ruhenden Aether sprachen, voll würdigen und näher untersuchen müssen, ob und wie eine Vereinbarung der Resultate von Fizeau und Michelson möglich wäre und hätte nicht einfach der Frage durch Leugnung des „Aethers“ ausweichen sollen. Und dies um so mehr, als wichtige Gründe für die tatsächliche Existenz eines Lichtäthers geltend gemacht werden können und auch wohl gegenwärtig noch sehr viele Physiker und darunter nicht wenige von Ruf, sich für die Annahme eines Aethers, in dem das Licht mit seinen Wellenschwingungen allgemein im Weltenraum sich ausbreitet, ausgesprochen haben.¹⁾

Einstein war auch keineswegs schon deshalb, weil der Aether bei den Versuchen von Michelson sein Vorhandensein nicht bekundete, berechtigt, auf sein Nichtvorhandensein einen Schluß zu ziehen, er hätte zuerst die Frage beantworten müssen, ob vielleicht gerade der Umstand, daß der „Aether“ sich bisher bei keinem Vorgange durch irgend eine Auswirkung gezeigt hat, mit der Natur und Aufgabe des Aethers in einem näheren Zusammenhang stehe oder nicht. Nach einer gut begründeten und auch von mehreren Physikern vertretenen Ansicht wird auch die Schwerewirkung durch den Aether mit Lichtgeschwindigkeit im Raume fortgepflanzt. Hat aber der Aether auch diese Aufgabe, so werden durch ihn, wie der Verfasser in der unten angezogenen Arbeit weiter ausgeführt, auch die Gravitationsbewegungen weitergeleitet, der Aether wird daher auch für die Weiterverbreitung dieser Wirkungen kein Hindernis bilden, ihnen somit keinen Widerstand entgegensezzen, sondern vielmehr als eine Mitursache der Gravitationsbewegungen diese in einer ihm zukommenden Weise unterstützen und fördern. Der Aether wird dann aber auch bei Gravitationsbewegungen, wie bei der Bewegung der Erde, sich nicht etwa durch einen Widerstand („Aetherwind“) bemerkbar machen, sondern der Erde wie allen anderen Weltkörpern auf ihren Bahnen die ungehindertste Freiheit der Bewegung lassen.

Der Aether wird deshalb auch bei dem Michelsonversuch bezüglich der Erdbewegung im Aethermeer sich nicht bemerkbar machen, daher auch keine Streifenverschiebung hervorbringen. Der Aethermechanismus hat durch seine Weiterleitung der Schwerewirkung diese Erscheinung paralysiert oder aufgehoben, eine Ansicht, die auch der französische Mathematiker Poicaré zu teilen scheint.

¹⁾ Vgl. Wulf, a. a. O. S. 6, 31 und 67. Vgl. auch des Verfassers Abhandlung: „Zur Aetherfrage: Sind wir noch zur Annahme eines Aethers berechtigt?“ (Natur und Kultur, München, Jahrg. XVIII, S. 388 ff.).

So gibt es auch noch andere Versuche zur Erklärung der rätselhaften Erscheinungen beim optischen Versuche von Michelson. Einstein sucht das Nichtauftreten der Streifenverschiebung durch seine Lichtstofftheorie zu erklären, der zufolge sich das Licht durch Felder von Punkt zu Punkt verbreitet. Da hier die Lichtquelle selbst in einer gewissen Weiterleitung erscheint, so herrschen dabei dieselben Verhältnisse wie in einem geschlossenen Wagen, der bei seiner Fortbewegung die eingeschlossene Luft mit sich nimmt, so daß die Innenräume des Wagens von Seite der Luft keinen Widerstand, etwa einen Gegenwind, verspüren. Wäre der Wagen offen, so würden sie bei der Bewegung des Wagens gegen die sonst ruhige, unsichtbare Luft von deren Bestände durch den Widerstand, den sie besonders der schnellen Bewegung entgegensetzt, überzeugt werden.

Es haben denn auch mehrere Physiker zur Erklärung der Versuche von Michelson, die Ansicht ausgesprochen, es werde bei der Erdbewegung im Weltenraum der Aether ebenso wie unsere Atmosphäre mitgenommen. Diese Ansicht hat aber die Versuche von Fizeau gegen sich und besitzt sonst auch geringe Wahrscheinlichkeit. Einstein kann diese Erklärung überhaupt nicht annehmen, da er den Bestand eines Lichtäthers leugnet. Seiner Lichtstofftheorie kommt aber ein noch viel geringerer Grad von Wahrscheinlichkeit zu. Sie steht namentlich im Widerspruch mit den Wellenschwingungen des Lichtes, die von exakten Physikern als sicher verbürgt angenommen werden. Nach Einstein nimmt zwar das Licht, wenn es aus dem Weltenraum in unsere Atmosphäre gelangt, auch eine Art Wellenschwingung an, aber diese unechten Wellenschwingungen, wie wir sie nennen können, bilden keinen vollen Ersatz bei der Erklärung aller optischen Erscheinungen, und es ist schon von vornherein sehr unwahrscheinlich, daß das Licht nicht eine einheitliche, sondern eine zweifache Verbreitungsweise besitzt.

Sehr bezeichnend aber, wir können hier wohl sagen sehr kompromittierend für die ganze Relativitätstheorie überhaupt, ist die theoretische Erklärung Einsteins, die er in seinen Schriften über die Ausbreitung der Energieformen im Raum mittels der „Feldgleichungen“ gegeben.

Wie wir oben vernommen, sollen die hier auftretenden Felder nicht etwas Reales, wenn auch nicht etwa bloß Fiktives bedeuten. Sind diese Felder „nicht etwas Reales“, so sind sie, müssen wir logisch daraus schließen, etwas „Unreales“, ihnen kommt also keine Realität, keine Wirklichkeit zu; wenn aber dies, so sind sie doch wohl etwas „Fiktives“. Bezeichnet sie Einstein als „etwas nicht bloß Fiktives“, so versteht er wohl darunter, etwa auf Grund irgend eines physikalischen Vorganges, etwas bloß „Gedachtes“, „Hineingelegtes“. Es ist mithin schließlich eine reine mathematische Spekulation ohne Realität, ein Schein der Wirklichkeit, ohne realen Inhalt! Damit stellt sich aber die „Relativitäts-

theorie" als ein besonderes idealistisches System des Formalismus, als einen „relativistischen Formalismus“ dar. Einer solchen, auf falscher philosophischer Grundlage beruhenden Theorie aber müßten wir jede Berechtigung versagen.

Wir werden später auf diesen Gegenstand noch zurückkommen und näher untersuchen, ob tatsächlich gegen die Einstein'sche Relativitätstheorie selbst der Vorwurf des reinen Formalismus erhoben werden könne.

3. Der Erklärungsversuch von Lorenz.

Wie oben (II. 3) mitgeteilt, hat Lorenz auf mathematischem Wege gezeigt, daß die rätselhaften Resultate bei den Versuchen von Michelson eine theoretische Erklärung finden, wenn man annahme, die Längen der Körper und die Zeitmesser seien in der Bewegungsrichtung der Erde gegen den Aether um einen der Bewegung entsprechenden Betrag geändert, d. i. die Längen seien als verkürzt und die Zeitmesser (Uhren) als verlangsamt zu betrachten. Nach Lorenz ist diese Verkürzung eine physische, nach Einstein ist dies nicht der Fall, wir sehen nur die Längen verkürzt. Sonst nimmt er diese „Lorenzkontraktion“, wie sie auch genannt wird, in seine Theorie auf.

Es wurden nun auch bereits gegen diesen Lösungsversuch von Lorenz einige Schwierigkeiten erhoben, und unter anderem auf daß Rätselhafte dieser Lösung selbst hingewiesen. Es sind zwar aus der Optik infolge von Bewegungen gewisse kinematische Vorgänge mit Verschiebungen bekannt und Lorenz hat als Grund der Längenverkürzung den Aetherwiderstand angegeben; aber die Lorenzkontraktion ist nicht als eine bloße Verschiebung, sondern als eine „Verkürzung“ aufzufassen und kommt überdies nicht nur auf eine Veränderung von Raumgrößen, sondern auch auf eine von Zeitgrößen hinaus; ferner wird gegenwärtig die von Lorenz auf Grund einer Elektronenverschiebung angenommene Verkürzung als unhaltbar bezeichnet, und es kann auch ein solcher Widerstand des Aethers, den er der Bewegung der Weltkörper entgegensetzen würde, mit ihrer präzisen, ungestörten Bewegung im Weltenraum schwer vereinbart werden.

Es bleibt daher nur die Einstein'sche Hypothese übrig, daß uns infolge der von den Körpern ausgehenden Lichtsignale und der Erdbewegung alle Längen in der Richtung der Bewegung verkürzt und dabei die Zeitdauer in derselben Verhältnis verlangsamt erscheinen.

Einstein hat für diese Annahme keine andere Begründung, als die hypothetische mathematische Erklärung von Lorenz und die subjektive Ansicht, daß diese Hypothese die einzige richtige sei, trotz ihres paradoxen Inhalts. Die daraufgebaute Theorie beruht daher zum

mindesten auf einer willkürlichen Annahme und Voraussetzung. Wenn auch der Michelsonversuch durch Lorentz eine entsprechende mathematische Erklärung gefunden hat, so folgt hieraus noch nicht, daß uns mathematische Formeln allein schon über tatsächliche, physikalische Vorgänge richtige Aufschlüsse bringen können. Würde eine solche Anschauung in Anschlag gebracht werden, so wäre es nur wieder ein formalistischer Zug, welcher der Einsteinischen Relativitätstheorie anhaften würde.

Die mathematischen Formeln müssen der Natur oder Wirklichkeit angepaßt sein, und nicht die Natur den mathematischen Formeln. Diese Umstellung der logischen Ordnung wird bei Mathematikern der Gegenwart nicht selten angetroffen. Nach Gehrke („Die Stellung der Mathematik zur Relativitätstheorie“, Beitr. zur Philos. des deutschen Idealismus, II. 1) herrscht eine solche idealistische Tendenz überhaupt im letzten Jahrhundert, und aus dieser ist auch, wie er bemerkt, eine Denkrichtung wie die der Relativitätstheorie erklärlieh. Seiner Ansicht nach ist diese Denkrichtung der Relativitätstheoretiker „auf den mathematischen Aufbau gerichtet und nicht auf die erkenntnistheoretische Vertiefung und Klarstellung“.

Deshalb erklärt auch Lenard: „Wir wollen als Naturforscher nicht die mathematische Zulässigkeit von Koordinatentwahlen untersuchen, sondern wir wollen zur widerspruchsfreien Ausbildung der Wirklichkeit gelangen.“

Dies sind schwere Anklagen und wohl berechtigte Vorwürfe gegen die objektive Realität der Relativitätstheorie. Eine eingehende, sachliche Begründung der Lorentzkontraktion wäre für die Annahme der Relativitätstheorie von nicht geringem Belange. Wir sehen aber, daß Einstein und dessen Anhänger in dieser Beziehung nicht einmal einen Versuch gemacht, sondern nur erklärten: Die Natur ist eben so, oder wie Minkowski sich äußerte: „Die Kontraktion ist nicht etwa als Folge von Widerständen im Aether zu denken, sondern rein als ein Geschenk von oben als Begleitumstand des Umstandes der Bewegung.“ Eine solche Begründung und Verteidigung der Theorie erweckt wenig Vertrauen für ihre Richtigkeit und eine Begründung würde sonst in anderen physikalischen Fragen einfach abgelehnt werden.

4. Folgerungen aus dem Erklärungsversuch von Lorentz. Der relative Raum- und Zeitbegriff.

Da nach der Lorentzkontraktion (III. 3) die Veränderung der Raum- und Zeitgrößen mit der Bewegung, bezw. Geschwindigkeit des Beobachters zu- und abnimmt, mithin ihr Wert v in der Formel v^2/c^2 (I. 4) größer oder kleiner wird, so sind diese Größen von der verschiedenen Bewegung des Beobachters abhängig, sie haben eine Beziehung zu ihm, sind demnach relative Größen.

Hieraus hat man die Folgen gezogen, daß Raum und Zeit relative Begriffe, ja daß überhaupt kein absoluter Raum und keine absolute Zeit, sondern nur ein relativer Raum, eine relative Zeit anzunehmen seien. Dies sei eine Hauptfolgerung der Einsteinischen Relativitätstheorie, und Einstein hätte dies nachgewiesen.

Diese Ansicht beruht keineswegs auf Wahrheit. Einstein hat höchstens nur gezeigt, daß seiner Theorie zufolge wegen der Erdbewegung, die jeder Erdbewohner mitmacht, die Raum- und Zeitgrößen relativ zu dieser Bewegung verändert sieht. Es ist ein kinematisch-optischer, also nur physikalischer Vorgang, der unseren philosophischen Begriff von Raum und Zeit keineswegs berührt und noch viel weniger aufhebt, sondern vielmehr voraussetzt.

An sich sind Raum und Zeit absolute, für sich bestehende Begriffe, „Raum“ (in seiner Realität) ist die Ausdehnung nebeneinander, „Zeit“ die Dauer der Bewegung nacheinander. Relativiert werden Raum und Zeit nur in ihren physikalischen Größen und in deren Messungen. Einstein hat daher auch nicht, wie einige Relativitätstheoretiker sich äußerten, schlechthin einen neuen Raum- und Zeitbegriff, sondern nur seiner Theorie gemäß in die Physik ein neues Raum- und Zeitmaß eingeführt, in dieser Beziehung daher eine neue Auffassung von Raum und Zeit als messbaren physikalischen Größen geltend gemacht. Ist der relative Wert der Bewegung (v) bekannt, so ist damit auch der Wert der Verkürzung gegeben und kann deshalb (prinzipiell) auch die zugrundeliegende absolute Raum-, bezw. Zeitgröße bestimmt werden (vgl. Nr. 5).

(Schluß folgt.)

Die Reue in Todesgefahr.

Eine pastorale Studie von Prof. P. Matthäus Kurz O. Cist., Heiligenkreuz.

Ich bin in meinem Leben wiederholt in unmittelbarer Todesgefahr gewesen, habe auch verhältnismäßig oft Gelegenheit gehabt, mit Personen zu sprechen, die in solcher Gefahr gewesen waren; es liegt nahe, die Erinnerung an solche Erlebnisse zum Studium der wichtigen pastoralen Frage zu benützen, wie groß die Möglichkeit und die Wahrscheinlichkeit sei, in Todesgefahr eine vollkommene Reue zu erwecken, und welche Mittel diese Wahrscheinlichkeit erhöhen könnten.

Die Wahrscheinlichkeit, in ganz plötzlicher Todesgefahr einen Gedanken der Reue zustande zu bringen, ist, rein psychologisch genommen, fast null, weil das überlegte Denken entweder unterbrochen oder aber so sehr auf die Todesgefahr und deren Abwendung gerichtet ist, daß die Erweckung der Reue unterbleibt.