

Komplet zu beten. Demütig bat er seine Obern um Dispens davon.

Die heilige Oelung spendete ihm P. Rektor Franz auf seine Bitte, nachdem er wohl täglich die heilige Wegzehrung empfing, am 28. März, wobei er alle Mitbrüder um Verzeihung bat — er, der eine lebendige Predigt des Glaubens und der Liebe stets gewesen, bemerkt P. Schweter. Am 2. April, Passionssonntag, bedeutete er dem Laienbruder, der in seiner Zelle Feuer machen wollte, dies zu unterlassen; es wäre gegen die Armut; er müsse ja in wenigen Stunden sterben. Als P. Minister um 9 Uhr früh vor der Zelebration des Hochamtes noch einmal zu ihm ging, bat P. Közler um ein Memento und fügte hinzu: „In manus tuas, Domine, commendo spiritum meum“ (In deine Hände, o Herr, empfehle ich meinen Geist). Nach dem Gottesdienste versammelte sich die Ordensgemeinde um sein Sterbelager. Laut beteuerte er: „Ich bin glücklich, zu sterben als Kind der katholischen Kirche und als Sohn der Kongregation des allerheiligsten Erlösers.“ Von selbst bat er um die Sterbekerbe, erneuerte noch einmal die Ordensgelübde. Immer wieder erbat er sich die Absolution, küßte wiederholt sein Missionskreuz und kispelte in einemfort: „Mein Jesus, Barmherzigkeit!“ Auf einmal sprach er: „Ich sehe Mautern, ich sehe Mautern!“ Um ½12 Uhr mittags vernahm man den letzten Seufzer. „Der Mann des Opfers“, schließt sein Landsmann den Sterbebericht, „hatte sein letztes Opfer vollendet“.

Nun ruht seine irdische Hülle im idyllischen Klostergarten der Redemptoristen zu Grüneiche-Breslau neben jenem Kirchlein, das er als erster Oberer des Missionshauses gebaut. Und die Seele dieses treuen Dieners, so hoffen wir, wird wohl den Lohn empfangen haben für die treue Verwaltung jener fünf Talente, die ihm verliehen waren als Priester, Ordensmann, Seelsorger, Professor und Schriftsteller. R. I. P.

Einsteins Relativitätstheorie.

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

(Schluß.)

5. Die Gleichzeitigkeit zweier Vorgänge. Neues Zeitmaß.

Bezieht sich die Ausdehnung eines Körpers mit seinen dreidimensionalen Größen auf den „reellen Raum“, so ist die äußerliche

oder mechanische Bewegung in ihrer Erscheinung ebenfalls räumlich oder sie vollzieht sich im Raume, und damit auch die „Dauer der Bewegung“ oder die Zeit, analog mit der kontinuierlichen Ausdehnung. Besitzen zwei Linien während ihres genetischen Verlaufes nebeneinander stets den gleichen Abstand voneinander, so nennt man sie gleichlaufend oder parallel. Geschieht auf ähnliche Weise die Bewegung zweier Körper gleichmäßig oder parallel nebeneinander, so ist ihre Bewegung isochron oder gleichzeitig. Wir können auch sagen: Fällt die Zeitdauer zweier Bewegungen oder zweier Vorgänge während ihres Verlaufes zusammen, so haben sie einen parallelen Verlauf oder sie sind gleichzeitig. Formell bezieht sich die „Gleichzeitigkeit“ auf einen und denselben Zeitmoment. In unserer Frage nun müssen wir zweierlei auseinanderhalten: die Gleichzeitigkeit als solche und die Messung oder genaue Angabe eines Zeitmessers (einer Uhr) für die Gleichzeitigkeit zweier Vorgänge in demselben Zeitmoment.

Einstein behauptet nun allgemein: Die Gleichzeitigkeit zweier Vorgänge ist ein relativer Begriff und hängt ab von dem Bewegungszustand des Beobachters. Was daher in bezug auf einen Beobachter gleichzeitig ist, ist es nicht in bezug auf einen andern Beobachter, der relativ zu dem ersten bewegt wird. (Siehe oben II. 5).

Wir müssen hier zunächst als sicher annehmen, daß es auch einem Erdbewohner, wenigstens in vielen Fällen, gestattet ist, die Gleichzeitigkeit zweier Vorgänge zu erkennen. Handelt es sich um innere reflexive Akte eines vernünftigen Wesens, wie des Menschen, so lehrt die Psychologie, daß bei einem reflexiven Akte, z. B. des Selbstbewußtseins, zwei Akte gleichzeitig apperzipiert werden müssen; es wäre sonst kein reflexiver Akt, der nur auf einen gegenwärtigen anderen Akt sich beziehen kann, sondern nur ein Gedächtnisakt. Jedes geistige Selbstbewußtsein würde sonst aufgehoben sein. Aber auch bei äußeren physischen Vorgängen ist es uns nicht verwehrt, ihre Gleichzeitigkeit, z. B. ihr gegenseitiges Zusammentreffen, wahrzunehmen. Handelt es sich hier um die Angabe des Zeitmomentes, in dem das Zusammentreffen wahrgenommen wird, daher um eine Zeitmessung, so werden wir verschiedener Umstände wegen wohl nicht imstande sein, ganz präzise Zeitangaben festzustellen, es werden immer nur Näherungswerte sein um so genauere, je präziser und vollkommener die Messungsmethode sein wird. Gilt dies schon für Vorgänge, die sich in der Nähe oder im Bereiche unseres Sehvermögens abspielen, so noch viel mehr bei weiten Entfernungen, besonders aber auch dann, wenn der Beobachter bei seiner Zeitmessung sich in einem Bewegungszustand befindet. Dabei wird er nämlich den Lichtsignalen, die ihm den Vorgang zur Kenntnis bringen, entweder näher kommen oder sich von ihm entfernen. Die Signale, wenn auch gleichzeitig abgegeben,

werden daher nicht mehr gleichzeitig eintreffen, sondern etwas früher oder später.

Wir könnten nun prinzipiell aus der Kenntnis der Entfernungen, Geschwindigkeit des Beobachters und der Lichtgeschwindigkeit alle die hier auftretenden Differenzen berichtigen, wenn uns überhaupt die Mittel zu Gebote stünden, diese Kenntnis uns zu erwerben. Nach Einstein fehlen uns aber diese Mittel, weil alle Bewegung nur relativ sei.

Diese Behauptung kann nur in einem beschränkten Sinne verstanden werden. Jedenfalls kann es nicht schon von vornherein, wie einige Relativitätstheoretiker erklärten, als etwas an sich Unmögliches bezeichnet werden, daß wir zu jener Kenntnis gelangen können, wenn auch nicht selten äußerlicher Schwierigkeiten wegen, die auch ohne Relativitätstheorie bestehen würden, wir uns mit Näherungswerten begnügen müssen, bis nicht eine vollkommenere Erkenntnis uns aller Schwierigkeiten entheben wird. Man kann auch nicht annehmen, daß jeder der Relativitätstheorie zufolge seine eigene Zeit habe und diese selbst wieder je nach seinem verschiedenen Bewegungszustande wie die Wellen einer stürmischen See hin- und herflute. An sich gibt es für alle nur eine absolute Zeit mit ihren unverrückbaren, selbständigen Zeitmomenten. In diesem Sinne kann überhaupt nicht von einer „relativen Zeit“ gesprochen werden. Man versteht darunter nicht die Zeit als solche, sondern immer nur das Zeitmaß, das wir wählen, um die zeitlich verlaufenden Vorgänge bezüglich ihrer Dauer beurteilen und für Einzelfälle gegenseitig ausgleichen zu können.

Die Zeit als solche kann deshalb auch nicht länger oder kürzer sein, als ihre absolute Dauer ist; eine Sekunde kann eben nur eine Sekunde dauern, niemals länger oder kürzer. Der endlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes wegen, das uns von der Bewegungsdauer der Vorgänge Kunde bringt, wird nach der größeren oder kleineren Entfernung von der Lichtquelle ein Lichtsignal bis zu seinem Eintreffen auch eine längere oder kürzere Zeitdauer beanspruchen und es kann diese relative Zeitmaßdauer länger und kürzer sein, niemals aber ihrem absoluten Werte nach.

Bei kinematischen Vorgängen kann infolge der Bewegung des Beobachters und des dadurch bedingten größeren oder kleineren Lichtweges eine ähnliche, der Bewegung entsprechende Verschiebung der Lichtquelle oder des Ausgangspunktes der Lichtsignale, und damit eine längere oder kürzere relative Zeitdauer bis zum Eintreffen des Lichtsignals verstreichen und daher auch vom Beobachter selbst wahrgenommen werden. Würden dabei mehrere Beobachter, die in einem verschiedenen Bewegungszustand sich befinden, nach gleich gerichteten Uhren, einen genauen Zeitmoment für das Eintreffen eines gegebenen Lichtsignals zu bestimmen haben, so würden ihre Zeitangaben verschieden lauten und sie könnten unter

Umständen wie bei Voraussetzung eines gleichzeitigen Eintreffens sich auch vortäuschen, daß die Zeit selbst relativ zu ihrem verschiedenen Bewegungszustand eine Veränderung oder Verschiebung erfahren, d. i. eine an sich genau bestimmte Zeitspanne länger oder kürzer gedauert habe. Es wäre aber diese Auffassung eben nur eine Selbsttäuschung. Für eine einheitliche Beurteilung der verfloßenen Zeitdauer müßten sie das Zeitmaß ihrer Uhren ändern und für eine genaue Ausglei chung die Zeiger der Uhren je nach Maßgabe ihrer Entfernungen von der Lichtquelle und ihrer Eigenbewegung verstellen, daher teils zurück-, teils voranrücken. Ihre Uhren würden dann beim Eintreffen des Lichtsignals den gleichen Zeitmoment eines Vorganges angeben. Jeder der Beobachter hätte zwar dann sein eigenes relatives Zeitmaß, aber jedes dieser Zeitmaße setzt den gleichen absoluten Zeitmoment voraus. Das Lichtsignal trifft dann auch bei jedem Beobachter „gleichzeitig“ ein, die Gleichzeitigkeit nach der relativen Uhrzeit gemessen. Die absolute Zeit selbst bleibt unverändert. Hat daher auch Einstein gezeigt, daß besonders zur Beurteilung der Gleichzeitigkeit zweier Vorgänge in die Physik ein neues Zeitmaß einzuführen sei, so hat er damit nicht den Zeitbegriff selbst geändert und er hat auch nicht den Begriff der absoluten Zeit aufgehoben.

Es ist deshalb auch eine unrichtige und irrtümliche Ansicht Einsteins, wenn er (vgl. I. 3) seiner Relativitätstheorie gemäß glaubt, berechtigt zu sein, an uns die Anforderung zu stellen, die althergebrachte Anschauung von einem absoluten Raum und einer absoluten Zeit schlechthin aufzugeben und uns zu bequemen, nur die „Naturgesetze“ im relativen Raum und in der relativen Zeit als etwas „Absolutes“ zu denken. Das Weltbild, das wir uns bei dieser „relativen“ Anschauung gebildet, würde der Wirklichkeit keineswegs entsprechen, es wäre nur ein Trug- und Scheinbild der Wirklichkeit.

Demgegenüber ist festzuhalten: Die Bewegung im Raume als solche ist in erster Linie eine absolute, ebenso ist auch der Raum als solcher und die Zeit als solche etwas objektiv Absolutes, wie denn auch jede Relativbewegung eine Absolutbewegung und jede relative Raum- und Zeitgröße eine absolute Raumausdehnung und eine absolute Zeitdauer voraussetzt. Die Idee einer absoluten Bewegung, eines absoluten Raumes, einer absoluten Zeit darf aus unserm Weltbilde nicht verschwinden, damit müßte auch die Idee der relativen Bewegung, der relativen Raum- und Zeitgrößen verschwinden. Die diesbezüglichen Auflösungen der Relativitätsgleichungen können gegen die Aufstellung der absoluten Idee von Bewegung, Raum und Zeit nicht verwertet werden, da diese Gleichungen nur auf Grund der relativen Begriffe von Bewegung, Raum und Zeit aufgestellt worden sind und dies auch nur unter der Voraussetzung, daß die angesetzten Bedingungen zu Recht bestehen (vgl. II. 5). Aber selbst diese Gleichungen, die auf Grund der Relativgrößen

aufgestellt wurden, setzen gerade deshalb, weil sie zugleich die mathematischen Beträge enthalten, um welche die relativen Raum- und Zeitgrößen von ihren absoluten Werten differieren, sie setzen, sagen wir, selbst die absoluten Raum- und Zeitbegriffe notwendig voraus.

Es geht daher nicht an, gegen die Anschauung der absoluten Raum- und Zeitbegriffe die Relativitätstheorie auszuspielen. Diese Begriffe deshalb leugnen wollen, weil sie nicht physikalisch meßbar wären und nur mathematische Gültigkeit hätten, wäre wieder nur reiner Formalismus.

6. Unterschied von Zeit und Raum.

In den Darstellungen der Relativitätstheorie wird man nicht selten die Behauptung finden: Einstein hat gezeigt, daß zwischen Raum und Zeit kein Unterschied besteht. Die Relativitätstheorie hält sie in ihrem „vierdimensionalen Kontinuum“ für gleichberechtigte Größen, für identische Begriffe. Sie bekunden ihre Einheit in dem „Zeitraumding“ (siehe oben II, 3).

Zu diesem ganz irrigen Urteil hat man sich wohl deshalb verleiten lassen, weil in das Koordinatensystem der Relativitätstheorie von Minkowski, dem Mitarbeiter Einsteins, neben den drei Raumkoordinaten auch die Zeitkoordinate als vierte mathematische Größe eingeführt wurde, um bei physikalischen Vorgängen auch die Zeit in Rechnung ziehen zu können. Erscheint so die „Zeitkoordinate“ als eine gleichberechtigte mathematische Größe neben den Raumgrößen, so folgt hieraus noch nicht, daß Raum und Zeit als identische Begriffe, zwischen denen kein Unterschied besteht, aufzufassen wären. Raum und Zeit sind wesentlich voneinander unterschieden, wenn man auch beide in einer gewissen Einheit als „Raumzeitding“ oder „Zeitraumding“ betrachten kann. Einstein sagt selbst: „Minkowskis wichtige Entdeckung (die mathematische Einführbarkeit der Zeitkoordinate neben den Raumkoordinaten) 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.“ Es handelt sich eben hier um ein zeiträumliches, nicht schlechtthin räumliches Kontinuum.

Weil die Zeitdauer auch eine meßbare Größe ist, kann sie zwar auch graphisch, etwa durch Linien, wie die drei Raumgrößen dargestellt werden, aber dabei werden die Begriffe von Raum und Zeit nicht identifiziert. Man kann auch im Meterkilogramm-Sekundensystem die drei hier zugrundeliegenden quantitativen Größen durch ein einheitliches Liniensystem zur Darstellung bringen, ohne daß deshalb die drei voneinander wesentlich verschiedenen Begriffe, Meter, Kilogramm und Sekunde als identisch betrachtet werden

müßten. Man wird daher auch Raum und Zeit nicht schon für identische Begriffe halten, weil sie in dem Koordinatensystem der Relativitätstheorie nebeneinander als vier gleichberechtigte mathematische Größen fungieren und in die gleiche Rechnung gebracht werden.

Es gibt daher auch nur drei reelle Raumgrößen, die Zeit ist keine vierte Raumgröße. Es ist demnach auch kein vierdimensionaler Raum annehmbar, und es kann nur von einem vierdimensionalen, zeiträumlichen Kontinuum gesprochen werden. Der Ausdruck: „Dimensional, Dimension“ bezieht sich nicht auf eine Raumbimension, sondern nur auf eine mathematische, meßbare Größe im allgemeinen.

Die Verteidiger der gegenwärtig besonders in spiritistischen Kreisen vielbesprochenen „vierten Raumbimension“ können sich deshalb auch nicht berechtigterweise auf die Relativitätstheorie berufen, als würde ihre Ansicht durch diese Theorie eine tatsächliche Bestätigung gefunden haben. Es wäre auch ein philosophischer Irrtum, mehr als drei reelle Raumbdimensionen anzunehmen. Durch diese drei Dimensionen (Länge, Breite, Höhe) ist die Ausdehnung eines Körpers im Raume vollständig bestimmt, eine vierte Raumbdimension müßte notwendig mit einer der drei Raumbdimensionen zusammenfallen und hätte für eine Raumausfüllung keine Bedeutung. Wenn auch einige Mathematiker und Physiker bezüglich der vierten Zeitordinate von einem „nicht-euklidischen“ Raum sprechen, so ist dies nur ein imaginärer Raum, der mit einer reellen Ausdehnung im Raume nichts zu tun hat und höchstens nur eine „Raumbeziehung“ oder selbst nur eine imaginäre mathematische Funktion ausdrückt, soweit man hier von einer solchen sprechen kann. Ein mathematischer Ausdruck für eine solche Raumbeziehung wäre zum Beispiel der algebraische Wert von a^4 ; er ist nicht etwa der mathematische Ausdruck für eine „vierte Raumbdimension“, wie a^3 . Letzterer auf eine geometrische Ausdehnung im Raume bezogen ist der mathematische Ausdruck für einen Würfel mit seinen drei gleichen Raumbdimensionen. a^4 wäre der mathematische Ausdruck für ein Parallelepiped von $a^4 = a \cdot a \cdot a^2$, d. h. von der Höhe a , der Breite a und der Länge a^2 . In diesem Sinne sind auch andere Raumbeziehungen, wie a^5 , a^{10} u. a. aufzufassen.

(Auf den „euklidischen“ und „nicht-euklidischen“ Raum werden wir noch später, Nr. 11, zurückkommen.)

7. Die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit.

Einstein hat als zweites Grundprinzip seiner Relativitätstheorie die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit unter allen Umständen und namentlich für jeden beliebig bewegten Beobachter aufgestellt. Ist das erste Grundprinzip, das Relativitätsprinzip („bei

keinem Vorgange nehmen wir etwas wahr, was über die relative Bewegung hinausgeht“) negativen Inhalts, so ist das zweite Grundprinzip der Theorie positiver Natur und es besagt: Wenn man die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes in bezug auf beliebig bewegte Beobachter, oder auch in bezug auf beliebig bewegte Koordinatensysteme bestimmt, so bekommt man immer dasselbe Resultat, d. i. die gleiche Geschwindigkeit. Es wurde aus dem Versuch von Michelson abgeleitet, welcher gezeigt hat, daß bei jeder Drehung des optischen Apparats keine Streifenverschiebung des Lichtes wahrgenommen wurde, somit keine Lage des Apparats vor irgend einer anderen ausgezeichnet sei.

Wird der Michelsonversuch in dieser allgemeinen Fassung erklärt, so muß man wohl Kremer (a. a. O. S. 26) beistimmen, wenn er die Frage stellt: „Könnte es nicht eine ‚konstante‘ Geschwindigkeit einer bestimmten Bewegung, also der von allen Einflüssen unabhängigen Eigenbewegung des Lichtes, für beliebig bewegte Bezugssysteme geben?“ und antwortet: „Nein, denn dieser Begriff wäre logisch und mathematisch widersinnig, wie der Begriff einer konstanten Differenz oder einer konstanten Proportion zwischen zwei beliebig veränderlichen Zahlen, oder allgemein: der Begriff einer konstanten veränderlichen Größe. Denn die Geschwindigkeitszahl ist eine veränderliche Funktion des Bezugssystems, sie ist also unveränderlich nur für ein unveränderliches Bezugssystem.“ Da nämlich der Voraussetzung nach das Licht eine ihm natürlich stets gleiche Geschwindigkeit (von 300.000 km in einer Sekunde) zukommt, so wird es für einen näher oder weiter entfernten Beobachter auch wieder eine entsprechend kürzere oder längere und nicht etwa immer die gleiche Zeit bis zu seinem Eintreffen benötigen. Die nach der Entfernung gemessene Geschwindigkeit des Lichtes wird je nach diesen Entfernungen selbst eine veränderliche, also keine konstante Größe darstellen.

Bei Annahme einer verschiedenen Entfernung oder Bewegung des Beobachters zur Lichtquelle oder in entgegengesetzter Richtung muß notwendigerweise auch eine Veränderung der Lichtwege angenommen werden. Hier könnte nun auch die Frage gestellt werden: Wie müßten die Lichtwege geändert werden, damit das Licht bei jeder beliebigen Bewegung des Beobachters konstant die gleiche Zeit bis zu seinem Eintreffen brauche? Diese Aufgabe hat Lorentz gelöst. Beim Michelsonversuch waren die Lichtwege des optischen Apparats bei ruhenden Systemen die gleichen. Bei einem bewegten System werden sie ungleich. Damit nun die Lichtsignale auch jetzt zu gleicher Zeit eintreffen, müssen die in Frage kommenden Lichtwege im Verhältnis von $1 : \sqrt{1 - v^2/c^2}$ verkürzt werden. Dann wird das Licht in horizontaler Richtung und senkrecht darauf bei jeder beliebigen Bewegung des Beobachters immer nur die gleiche

Zeit benötigen, also die „Lichtgeschwindigkeit“ in allen Fällen konstant oder stets die gleiche sein.

Kann auch diese Lösung an sich als genial bezeichnet werden, so versteht man nicht, aus welchem Grund diese Verkürzung der Lichtwege angenommen werden müsse. Es ist eine ganz willkürliche Annahme, wenn auch dazu der physikalische Versuch von Michelson Anlaß geboten und die Lorentz-Lösung eine Erklärung dafür gegeben hat. Diese Erklärung aber, wie wir gesehen, ist nicht die einzig mögliche und das Paradoxe derselben besteht jetzt in der Annahme der Lorentz-Verkürzung.

„Man darf die Antwort Minkowski“, bemerkt hier Wulf (S. 73), „daß die Körper die Verkürzung als ‚Geschenk von oben‘ haben, wohl betrachten als den Ausdruck der Verlegenheit, etwas Näheres über die Art und den ursächlichen Zusammenhang mit anderen Erscheinungen auszusagen. Man denkt da unwillkürlich an die Forschungsmethode einer längst verflossenen Zeit, welche es als ‚die Natur‘ der festen Körper bezeichnete, sich nach unten zu bewegen, statt die Fallbewegung aufzuklären.“ Jedenfalls müßte diese Annahme durch eine hinreichende Begründung erhärtet werden, bevor sie in eine „wissenschaftliche“ Theorie eine Aufnahme findet. Wulf beschließt seine Ausführungen bezüglich der verschiedenen Deutungen oder Erklärungen des Michelsonversuches (mit und ohne Annahme eines Aethers) mit den Worten: „Alle Annahmen über den Aether haben ihre Schwierigkeiten. Aber die Annahme Einsteins, die keinen Aether zuläßt, hat auch ihre Schwierigkeiten, das ist die Unbegreiflichkeit des Prinzips von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit Die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit in bezug auf verschieden bewegte Beobachter ist der ausschlaggebende Punkt der speziellen Relativitätstheorie, aber er ist zugleich derjenige, welcher der Kritik am meisten Angriffspunkte bietet.“

Hier sei noch die Bemerkung beigelegt, daß man früher für die Ausbreitung des Lichtes, der Gravitationswirkung u. s. w. eine „unendlich große“, d. i. momentane Geschwindigkeit angenommen hat. Würde die Geschwindigkeit des Lichtes eine „unendliche“ sein, so würden nach Einstein die Verhältnisse für die Aufstellung der Relativitätstheorie ganz andere sein, und würde z. B. unser Urteil über die Gleichzeitigkeit zweier Ereignisse bei jedem Bewegungszustand gleich lauten. Aber einen solchen unendlich schnellen Boten haben wir nicht, wir seien auf das Licht angewiesen und dieser unser Bote habe nun einmal die Eigentümlichkeit, in bezug auf alle Koordinatensysteme (oder Beobachter) mit derselben Geschwindigkeit zu wandern. Wenn nun das Licht mit einer endlichen Geschwindigkeit sich ausbreitet, so steht diese Tatsache im Widerspruch mit der Einsteinschen Deutung des Michelsonversuches, wie unter andern Kremer (a. a. D. S. 32 f.) hervorhebt. Er bemerkt: „Einsteins Prinzip der Konstanz der beobachteten Lichtgeschwindigkeit ... fordert, daß die

beobachtete Lichtgeschwindigkeit vom Bewegungszustande des Beobachters überhaupt unabhängig sei, daß das ausgesendete Lichtsignal den Beobachter, also überhaupt den beleuchteten Körper in derselben Zeit erreicht, gleichviel, ob er während dieser Zeit sich von der Lichtquelle entfernt oder ihr nähert. Erst diese Gleichgültigkeit des Bewegungszustandes des Beobachters genügt der Absicht, das Ergebnis des Michelsonversuches auf sie zurückzuführen. Diese Gleichgültigkeit aber bedeutet, daß das Licht eine bewegte Strecke in derselben Zeit wie eine ruhende, eine kürzere in derselben Zeit wie eine längere zurücklegt, ohne seine Geschwindigkeit zu ändern, und das ist nur möglich, wenn diese Geschwindigkeit unendlich ist." Die Einsteinsche Annahme der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit auf alle Fälle steht somit auch im Widerspruch mit der endlichen Geschwindigkeit des Lichtes, abgesehen von dem irrtümlichen Begriff einer „unendlich großen“ Geschwindigkeit, die auch von Einstein angenommen werden mußte.

8. Die Mathematisierung der Relativitätstheorie.

Prüft oder analysiert man mathematisch das künstliche Gewebe der Transformations- oder Umwandlungsgleichungen der Relativitätstheorie genauer, so findet man, daß sie (wie Kremer nachgewiesen) mehrere widersprechende Gleichungen voraussetzen und aus diesen auch der charakteristische Koeffizient der „Transmutationsformeln“ gewonnen werden könne. Die widersprechenden Gleichungen sind:

$$c = c + v = c - v, \text{ und } 1 = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

In diesen Gleichungen wird der Wert der Lichtgeschwindigkeit (c) demselben Werte (c) gleichgesetzt, aber entweder vermehrt oder vermindert um die Erdgeschwindigkeit (v). Es ist also eine Gleichstellung ungleicher Werte, was offenbar unmöglich ist. Dieselbe Unmöglichkeit enthält die letzte Gleichung. So müssen wir sagen, wenn die Werte für c und v eine bestimmte endliche Größe bedeuten.

Die voranstehenden Gleichungen wären nur in zwei Fällen mathematisch zulässig, wenn nämlich entweder für $c = \infty$ (unendlich) oder für $v = 0$ (Null) gesetzt würde.

Wäre die Lichtgeschwindigkeit $c = \infty$, unendlich, also momentan, so würde jeder andere kleinere Wert, also auch jener der Erdgeschwindigkeit v als verschwindend kleine Größe betrachtet, mithin vernachlässigt werden können. Aber die Lichtgeschwindigkeit kann keinen reellen unendlichen Wert besitzen und auch Einstein nimmt nur einen endlichen Wert (300.000 km per Sek.) der Lichtausbreitung an.

Es bleibt daher nur übrig für $v = 0$ anzusetzen, d. h. die Erde als ruhend zu betrachten. Wenn nun auch der Augenschein für die relative Ruhe unserer Erde spricht und die Ruhe einen möglichen Fall der Relativitätstheorie ausdrückt, so muß doch auch derselben Theorie gemäß die Erde als relativ bewegt angenommen werden können. Es wäre daher ein Widerspruch mit der Theorie, die Erde nur als ruhend anzunehmen. Andererseits ist gerade die Erdbewegung für die Theorie von Bedeutung, und es wurde deshalb dafür der Wert v in die mathematischen Formeln eingesetzt. Ohne Erdbewegung hätte ja auch die Theorie keine Beziehung zum Michelsonversuch, da dieser die Erdbewegung voraussetzt und ohne

Erdbewegung eine Streifenverschiebung nicht zustandekommen kann, daher auch eine etwaige Erklärung der Ergebnisse des Versuches für die Theorie gegenstandslos wäre. Besitzt aber wieder v einen reellen Wert, so enthalten die Gleichungen $c = c + v = c - v$ einen Widerspruch und damit auch die von Einstein geforderte Konstanz der Lichtgeschwindigkeit für alle Beobachter.

Es ist schließlich klar, daß beim Michelsonversuch sowohl die Zeit für den Lichtstrahl im geraden Ast, der t. $\frac{c^2}{c^2 - v^2}$ sein sollte, als auch die Zeit für den Lichtstrahl im queren Ast t. $\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$ in t zurückverwandelt werden kann, sobald die relative Lichtgeschwindigkeit konstant und deshalb $c^2 - v^2 = c^2$ sowie $\sqrt{1 - v^2/c^2} = 1$ ist, — also Unmögliches angenommen wird.

Die Einsteinschen Transformationsformeln weisen demnach nicht wenige und nicht unerhebliche Schwierigkeiten, ja selbst mathematische Widersprüche auf, und sie haben deshalb nach Kremer (S. 44) „keine andere Bedeutung, als die positivistische Umdeutung des Scheins zur Wirklichkeit“. Damit wäre aber auch, um hier Worte einiger Anhänger der Relativitätstheorie zu gebrauchen, der hohe Glanz und die entzückende „Schönheit“, die man an diesen Formeln zu entdecken glaubte, verblühen, die festesten Stütze, welche die Theorie in ihrer Mathematisierung finden konnte, ins Schwanken geraten und der „schwerwiegende“ Wert, den man ihr zugemessen, nicht aber, wie man erklärte, der innere Wert unserer althergebrachten Begriffe von Raum und Zeit „zu den Schatten herabgesunken“.

Ueber diesen Gegenstand wurden im Verlaufe unserer Untersuchung schon einige allgemeine Bemerkungen eingeflochten. Hier noch einige nähere Erwägungen!

Die Mathematisierung mit ihren zwei Koordinatensystemen und je vier Gleichungen ist eine elegante mathematische Komposition und sie hat durch ihre hohe Eleganz auf viele einen überwältigenden Eindruck ausgeübt. Gleichwohl muß diese Zusammenstellung eines ruhenden und bewegten Systems mit den darin ausgesprochenen Bedingungen unseren Widerspruch herausfordern. Die Relativitätstheorie geht von der relativen Bewegung aus und sie beruht wesentlich auf dem Bewegungszustand des Beobachters und entwickelt gerade hieraus eine ihrer mathematischen Hauptformeln, die in der Gleichung der Lorentzkontraktion ihren unmittelbaren Ausdruck findet.

In der Relativitätstheorie wurde nun ein darauf fußendes, die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit voraussetzendes, bewegtes und demgegenüber ein ruhiges Koordinatensystem aufgestellt, beide in Verbindung gebracht und nach dem Relativitätsprinzip: „Alle Naturvorgänge spielen sich in gleicher Weise ab, ob sie von einem ruhenden oder bewegten Beobachter wahrgenommen werden“, beide Systeme als „gleichwertig“ bezeichnet und deshalb in die Gleichungen die relativen Werte gegenseitig eingesetzt.

Mathematisch ausgedrückt bedeutet aber diese Zusammenstellung in Kürze (nach Kremer) nichts anderes als die Aufstellung einer „variablen konstanten“ oder einer „veränderlichen unveränderlichen“ Größe, was einen offensbaren Widerspruch besagt.

Gegen diese mathematische Zusammenstellung sprechen auch alle Schwierigkeiten, die gegen das Relativitätsprinzip und die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit erhoben werden, die wir hier wieder kurz — mit Kremer wenigstens nach einer Seite hin einer Auffassung nach (siehe oben n. 7) — als eine Aufstellung einer „konstanten variablen“ oder einer „unveränderten veränderlichen“ Größe, mithin wieder als einen mit sich selbst in Widerspruch stehenden Begriff bezeichnen müssen. Einen anderen, besonderen Widerspruch sieht Kremer darin, daß bei der Zusammenfassung der Relativgleichungen der absolute Raum einerseits vorausgesetzt, andererseits aber wieder geleugnet werde.

9. Die relative Gleichberechtigung mehrerer Bezugssysteme.

Man kann einen mechanisch bestimmbarcn Vorgang, wie zum Beispiel die Lage und Bewegung eines Punktes durch verschiedene Koordinatensysteme oder Bezugssysteme auf gleiche Weise darstellen. Handelt es sich hier zunächst nur um die relative Bewegung zweier Körpersysteme (A und B), so ergibt sich aus dem Begriff der relativen Bewegung die mathematische Möglichkeit, daß sich A bewege und B ruhe, oder auch B sich bewege und A ruhe. Eine jede dieser beiden Annahmen ist als möglicher Fall mathematisch gleichberechtigt. Aber man kann deshalb nicht schon sagen, beide Annahmen seien schlechthin oder bezüglich ihrer Wirklichkeit gleichberechtigt. Eine bloß mathematische Möglichkeit eines Falles entscheidet noch nicht für seine Annehmbarkeit in der Wirklichkeit. Hier entscheiden nur die Gründe, welche für die Realisierung der Möglichkeit, für die Wirklichkeit, sprechen. Diese Gründe allein sind ausschlaggebend für den tatsächlichen Bestand eines Vorganges. Wäre dieser Vorgang auch nur physikalischer Natur, so können außer physikalischen Gründen auch philosophische oder metaphysische Gründe, besonders bei theoretischen Fragen mit in Erwägung gezogen werden. Deshalb darf auch eine Theorie weder mit ihren eigenen Annahmen, noch auch mit allgemein anerkannten Prinzipien im Widerspruche stehen. Diese Grundsätze sind auch bei Erklärung eines physikalischen Vorganges in Anwendung zu bringen.

Wenn daher Einstein erklärt (II. 6), seiner Relativitätstheorie gemäß könnte vielleicht doch das Ptolomäische Sonnensystem dem Kopernikanischen gegenüber als „gleichberechtigt“ oder „richtig“ angenommen werden, weil es mathematisch und relativ möglich ist, so hieße dies nur die abstrakte Möglichkeit als gleichwertig mit der Wirklichkeit ausgeben und so mathematischen Gleichungen einen Sinn unterschreiben, der ihnen nicht gebührt.

Auf gleiche Weise ist die relative Gleichberechtigung auch aller anderen Fälle zu beurteilen und die abstrakte Möglichkeit nicht einer begründeten Wirklichkeit gleichzustellen (vgl. folgenden Abschnitt).

10. Die allgemeine Relativitätstheorie.

Wir müssen mit Wulf (S. 52 ff.) zugeben, daß es Einstein gelungen ist, die physikalische Identität oder Gleichheit der „Trägheit“ und „Schwere“, also die Grundanschauung, auf die er seine allgemeine Relativitätstheorie aufgebaut hat, nachzuweisen und damit die bisher räthelhafte, physikalische Erscheinung, daß (im luftleeren Raume) alle Körper, z. B. eine Feder und ein Metallstück, gleich schnell fallen, aufzuklären. Einsteins Anschauung, daß die „Trägheit“ nichts anders sei als eine Auswirkung der „Schwerkraft“, führte ihn zu dem Gedanken, daß diese Schwerkraft nicht nur von der Gesamtheit der Körperwelt, wie schon Newton bei seiner allgemeinen Massenanziehung angenommen, ausgeübt werde, sondern eine Auswirkung sei, die von der relativen Beschleunigung der Körper selbst gegen die gesamte Umwelt, also auch den ganzen Fixsternhimmel, abhängig sei. Daher auch die oben (II. 6) von Einstein gegebenen Erklärungen der relativen Bewegung eines Kreisel und des Sternenhimmels.

Es ist nun auch hier wieder zulässig, diese Relativbewegung als eine „mathematische Möglichkeit“ zu bezeichnen, aber beide Annahmen oder Vorstellungen sind weder „gleichberechtigt“ (siehe oben III. 9), noch sind alle Fälle ohne Ausnahme mit der Relativitätstheorie selbst in Einklang zu bringen. Es wäre daher auch schon deshalb eine „allgemeine“, d. i. allgemeingültige Relativitätstheorie nicht anzuerkennen. Der Nachweis unserer Behauptung ist nicht schwer zu bringen.

Es kann hier zunächst im allgemeinen bemerkt werden, daß die Anschauung Einsteins, relative Bewegung könne auch eine Fliehkraft erzeugen, und zwar eine so große, daß dadurch der ganze Sternenhimmel den weiten Weltenraum hinauf beeinflusst werde, nicht nur gegen alle unsere Erfahrung spricht, sondern auch gegen eine vernünftige Anordnung der Weltgesetze, die der Schöpfer aller Dinge nicht einer beliebigen Laune als Spielball ausliefern könnte. Diese Weise Anordnung verlangt auch, daß es dem mit Vernunft begabten Menschen gestattet ist, die physische Außenwelt nach sicheren Kriterien zu beurteilen.

Wir können nun, um bei unserm Beispiele zu bleiben, den Fall annehmen, daß ein Kreisel um 180 Grad nach rechts und hierauf ebensoviel nach links gedreht werde. Die eine Induktionswirkung würde dann der andern entgegengesetzt sein, die beiden Wirkungen würden daher sich gegenseitig aufheben, somit der Sternenhimmel wieder seine Anfangsstellung einnehmen müssen, während doch

etwaige direkte Beobachtungen am Sternenhimmel andere, widersprechende Resultate ergeben. Hätte ein Astronom sein Fernrohr auf einen bestimmten Fixstern eingestellt, und bewegte er seinen Arm nach rechts oder nach links etwa 90 Grad, so hätte sich der Stern nach der Relativitätstheorie gleichfalls um 90 Grad fortbewegen können, aber eine Messung im Fernrohr würde den Beobachter belehren, daß der Stern sich keineswegs nach der Relativitätstheorie bewegt, sondern seinen sonst gewohnten Lauf beibehalten habe. Die Annahme der Relativitätstheorie wäre dann eine unrichtige gewesen.

Wenn Einstein für die Begründung seiner Theorie die Gesetze der Dynamomaschine anführt, so muß er auch die ganze physikalische Wirkungsweise einer solchen Maschine berücksichtigen. Die Induktionsströme einer Dynamomaschine entstehen im allgemeinen während der Drehung eines Ankers im magnetischen Feld. Wird die Ankerdrehung eingehalten, so hören auch die Induktionsströme auf. Deren Entstehen und die Drehung des Ankers sind korrelativ, d. i. hier gleichzeitige Vorgänge. Wenn daher durch die Drehung eines Kreisel auch noch so starke Induktionsströme erzeugt werden könnten, diese würden sofort bei einem Stillstand der Ankerdrehung, dem Prinzip der relativen Bewegung gemäß in demselben Augenblick, aufhören und erst dann wieder auftreten und ihre Wirksamkeit äußern, wenn der Kreisel selbst wieder in Bewegung versetzt wird. Es kann deshalb mit Einstein nicht angenommen werden, daß bei einem ruhenden Kreisel auch weiter noch Induktionsströme entstehen und zur Wirksamkeit gelangen. Eine Drehung des Sternenhimmels wäre daher ohne gleichzeitige Drehung des Kreisels nicht denkbar. Die Einsteinsche Begründung seiner allgemeinen Relativitätstheorie durch das Auftreten von Induktionsströmen wie bei einer Dynamomaschine müssen wir daher als unhaltbar bezeichnen — die Relativitätstheorie ist damit aber selbst in Frage gestellt.

Noch ein Punkt verdient hier in Kürze der Erwähnung. Bei der Annahme einer relativen Drehung des Sternenhimmels um die Erde müßte diese Bewegung mit einer Geschwindigkeit erfolgen, die weit über jene der Lichtgeschwindigkeit (300.000 km per Sekunde) hinausgeht. Nun aber ergibt sich aus den Relativitätsgleichungen, daß (wie oben schon berichtet) die Lichtgeschwindigkeit einen Höchstbetrag darstellt. Es steht somit jene Annahme im Widerspruch mit den Relativitätsgleichungen, wenn auch anderseits wieder nicht einzusehen ist, daß es keine größere Geschwindigkeit als jene des Lichtes geben könne.

Schließlich sei hier noch eine paradoxe Folgerung aus dem allgemeinen Relativitätsprinzip hervorgehoben, d. i. die Krümmung des Lichtstrahls im Schwerfeld. Wenn ein Lichtstrahl durch eine Oeffnung eines geschlossenen Kastens eindringt und eine Seitenwand streift, und wenn dabei der Kasten sich mit zunehmender Geschwindigkeit aufwärts bewegt, so kann nach Einstein

diese Linie des Lichtweges keine Gerade, sondern sie muß nach unten (in der Richtung zur Schwerkraft oder zum schweren Körper hin) gekrümmt sein. Befände sich der Kasten in Ruhe, so würden wir vielleicht sagen, daß jetzt der Lichtstrahl geradlinig verläuft. Wir könnten deshalb aus diesem Unterschiede der Lichtstrahlen erkennen, ob der Kasten sich beschleunigt bewegt oder nicht. Das darf aber, wenn das allgemeine Relativitätsprinzip gelten soll, nach Einstein nicht der Fall sein; es verlangt, daß auch in dem Gravitationsfeld des ruhenden Kastens der Lichtstrahl nach unten zum schweren Körper hin gekrümmt sei. „Wenn das nicht zutrifft, so gilt das allgemeine Relativitätsprinzip nicht; denn der Physiker könnte dann (was die Theorie ausschließt) seinen Bewegungszustand erkennen.“ Wir entgegnen, daß bei Annahme der Emissionstheorie, der zufolge Lichtstoffteilchen ausgestrahlt werden, auch ohne die Relativitätstheorie herbeizuziehen, eine Ablenkung des Lichtstrahls im elektrisch-magnetischen Gravitationsfeld erklärlich ist, wie auch bei der Radiumstrahlung die Alpha- und Betastrahlen eine magnetische Ablenkung erfahren. Auch mit der Wellentheorie sind Ablenkungen von der sonst geraden Richtung (vgl. Beugung, Zirkumpolarpolarisation u. s. w.) vereinbar, und bei der elektro-magnetischen Lichttheorie (Maxwell-Hertz) wäre wohl auch eine Krümmung des Lichtstrahls in einem Schwerfeld ohne Relativitätstheorie erklärlich. Unter den gewöhnlichen Umständen aber breitet sich das Licht, wie Erfahrung und theoretische Erwägungen zeigen (im homogenen Medium), geradlinig aus, ebenso auch die elektrischen Wellen. Die Geradlinigkeit des Lichtstrahls ergibt sich auch aus der Wellennatur der Lichtausbreitung. Wäre diese nach der Einsteinschen Theorie zu leugnen, so setzt sich diese in Widerspruch zu den tatsächlichen Beobachtungen der Physik,¹⁾ und es ist hieraus auch verständlich, warum exakte Physiker und Astronomen der Einsteinschen Relativitätstheorie mit ihren Gravitationswirkungen skeptisch gegenüberstehen und, wie Gustav Mie (Die Einsteinsche Gravitationstheorie, Leipzig 1921) bemerkt, stets „wirkliche“ und „fingierte“ Gravitationsfelder unterscheiden werden. Nach Lenard steht auch die Einsteinsche Gravitationstheorie im Widerspruch mit dem Gesetze vom Gravitationszentrum.

¹⁾ Da die Gravitation eine allgemeine Eigenschaft der Körper ist, so befindet sich stets jeder Körper in einem Schwerfeld, und es ist deshalb für eine Schwerewirkung nicht nötig, mit Einstein ein besonderes Gravitationsfeld anzunehmen, wenn auch diese dann eine bemerkenswerte Wirkung zeigen wird. Bei den Lichtstrahlen, die von weitentfernten Himmelskörpern bis zu uns gelangen, wird man der Relativitätstheorie gemäß wohl immer eine größere Einwirkung der Schwerkraft annehmen können. Die Beobachtungen aber, wie unter anderen die Lichtaberration des Fixsternlichtes, beweisen, daß die Lichtstrahlen selbst auf ihrem Billionen Meter langen Wege keine Ablenkung von ihrer geraden Richtung erfahren (nur unter besonderen Umständen könnte eine solche angenommen werden).

11. Die „euklidische“ und „nichteuklidische“ Geometrie.

Einstein hat uns oben (II. 6) mehrere Beispiele der „nicht-euklidischen“ Geometrie vor Augen geführt. Die „nicht oder auch übereuklidische“ Geometrie liefert Werte, die von jenen der euklidischen Geometrie differieren. Entsprechend diesen verschiedenen Werten gestalten sich auch die Raumverhältnisse verschieden. Nach welchen Normen werden aber diese Werte und Differenzen bestimmt? Die maßgebenden Normen bilden zunächst immer die alten euklidischen Lehrsätze und die Differenzen ergeben sich aus gewissen Veränderungen der Werte, die in der Relativitätstheorie der Lorentzkontraktion entsprechen und für alle auf der Erde vorkommenden Geschwindigkeiten sich ihres geringen Betrages wegen der Beobachtung entziehen. Nach der Berechnung von Lorentz müßte man der Theorie gemäß nur annehmen, daß das Meter sich um den zweihunderttausendsten Teil eines Millimeters verkürze.

Die Berechnungen der Relativitätsgleichungen beruhen ferner selbst auf den Lehrsätzen der euklidischen Geometrie. Wenn wir demnach einigen Relativitätstheoretikern glauben wollten und diese Lehrsätze durch die Relativitätstheorie ihre ganze Gültigkeit eingebüßt hätten, so wäre die darauf aufgebaute Relativitätstheorie selbst unrichtig und hinfällig.

Erhalten die Raumverhältnisse in der Relativitätstheorie andere Werte, so herrschen hier nur „nichteuklidische Maßverhältnisse“, und den Grund hievon bilden der Theorie zufolge gewisse physische Vorgänge, wie Bewegungen des Beobachters und Gravitationseinflüsse. Die dadurch bedingten optischen Verschiebungen heben daher die theoretische Gültigkeit der euklidischen Lehrsätze als solche nicht auf. In diesem Sinne ist auch der sogenannte „nichteuklidische Raum“ zu verstehen, wenn auch mit diesem Ausdruck bisweilen einige Mathematiker einen anderen Sinn verbinden, der sich nur auf eine rein mathematische, abstrakte Auffassung bezieht. Mögen hier auch gewisse spekulative Auffassungen zulässig sein, so geht doch nicht an, z. B. von einer „krummen Geraden“ zu sprechen. Diese Begriffsverbindung ist widersinnig und rein imaginär. „Schon seit längerer Zeit“, äußert sich hier Kremer (a. a. O. S. 53 f.), „begannen Mathematiker mit fingierten Begriffen von ‚Räumen‘ oder ‚Raumarten‘ zu arbeiten, für welche die bisher geglaubten geometrischen Axiome ungültig seien. . . . Für eine formalistische Logik ist es nicht schwer und unerhört, für den ‚Raum‘ eine höhere Gattung zu fingieren und die ‚Räume‘ dann in krumme und gerade einzuteilen, ebensogut, wie man, da Tugend nicht blau ist, sie als besondere Art einer fingierten höheren Gattung auffassen kann, in der auch farbige Tugenden vorkommen. . . . Mit dem Einsetzen der ‚nichteuklidischen Raumspekulationen‘ wurde auch ein Gebiet hineingezogen, das von jeder relativistischen Betrachtung sicher schien; es wird nun ‚Konvention‘, wenn man die Gerade des ‚euklidischen‘

Raumes eine ‚Gerade‘ nennt, es gibt nun auch ‚krumme Gerade‘. D. Liebmann schalt es geradezu als philiströse Beschränktheit, wenn man sich ‚krumme Räume‘ nicht vorzustellen vermöge.“ (!)

Die Beweisführung der geometrischen Lehrsätze hängt auch, was hier zu beachten, nicht von äußeren Umständen wie etwa von der Richtigkeit der Zeichnungen oder Figuren (diese werden bei unseren unvollkommenen Mitteln immer nur Annäherungswerte darstellen), sondern von den Annahmen oder Voraussetzungen und den richtigen Vernunftschlüssen, die daraus gezogen werden, ab. Eine gerade Linie z. B. ist jene, die ihre Richtung stets beibehält und deshalb auch zwischen zwei Punkten die kürzeste ist. Ist daher der Voraussetzung nach die gezeichnete Linie AB eine Gerade (die Zeichnung selbst braucht deshalb nicht ganz genau eine Gerade zu sein), so muß sie auch die kürzeste zwischen den Punkten A und B sein. Und auch umgekehrt: Ist die Strecke AB die kürzeste zwischen A und B, so ist sie auch eine Gerade. Die Mathematik beruht eben auf Vernunftschlüssen und nicht auf Zeichnungen (vgl. Nr. 12).

12. Die Beweise für die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie und der innere Wert der Theorie.

Die Relativitätstheorie ist eine Theorie, die ausgedacht wurde, um die Ergebnisse des optischen Michelsonversuches zu erklären, und sie wurde dann später, mit Herbeiziehung der Schwerkraft, zu einer allgemeinen Theorie erweitert. Da die ganze Frage in die Physik einschlägt und eine wissenschaftliche Erklärung eines physikalischen Vorganges bilden soll, so muß ihre Richtigkeit und Brauchbarkeit auch durch tatsächliche Beobachtungen nachgewiesen werden können. Sie darf auch keine inneren Widersprüche enthalten, und ihre Prinzipien und deren Folgerungen müssen mit sicher erkannten Gesetzen der Physik in Einklang stehen. Von diesem Standpunkt aus ist die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie zu beurteilen und ihr innerer Wert zu bemessen.

Es gelten daher auch hier die allgemeinen Normen für die Richtigkeit einer Theorie und für die Wertung der Tatsachen, die zu ihren Gunsten oder Ungunsten sprechen. Diese Normen sind: Wenn auch nur eine der betreffenden Folgerungen oder maßgebenden Tatsachen sicher als nicht zutreffend nachgewiesen wird, so ist die Theorie unrichtig und unhaltbar. Wenn alle sie bestätigen, so kann sie richtig sein, sie muß es aber nicht sein. Denn vielleicht gibt es noch andere Theorien, die ebenfalls den Vorgang erklären und mit seinem ganzen Verlauf in Einklang stehen.

Was nun zunächst die allgemeine Relativitätstheorie betrifft, so hat Einstein, wie schon oben erwähnt, besonders drei Folgerungen, die eine experimentelle Nachprüfung gestatten, aus seiner Theorie gezogen. Sie sind astronomischer Natur und beziehen sich auf eine

Bahnstörung oder auch auf Ablenkung der Lichtstrahlen, wenn sie in ein Schwerfeld gelangen. (Vgl. Wulf, S. 73 ff.) Die erste Folgerung ist eine Störung der Perihelbewegung des Merkur. Für diese vor etwa sechzig Jahren von Leverrier beobachtete Erscheinung konnte bisher die einfache Newtonsche Gravitationstheorie keine Rechenschaft geben, Einstein hat sie seiner Relativitätstheorie gemäß herausgerechnet. Es haben aber auch schon mehrere Physiker und Astronomen (Seeliger, See, Wiechert) diese Erscheinung, ohne die Einsteinsche Relativitätstheorie vorauszusetzen, ihren eigenen Theorien gemäß, ebenfalls erklärt.

Ähnlich verhält es sich in bezug auf eine andere Folgerung, die Ablenkung des Lichtes durch die Sonne. Auch diese wurde von See und Wiechert aus ihren Aethertheorien erklärt. Die hieher gehörige, von der Relativitätstheorie geforderte „Krümmung des Lichtstrahls“ wurde schon früher (Nr. 11) näher besprochen.

In betreff der dritten Einsteinschen Folgerung, der Rotverschiebung der Spektrallinien, sei hier nur kurz bemerkt, daß die diesbezüglichen Beobachtungen noch keine übereinstimmenden Resultate geliefert haben. Jene auf dem Observatorium von Mount Wilson in Amerika haben mit ihren ausgezeichneten Instrumenten die Einsteinsche Theorie bisher nicht bestätigen können. Die Versuche werden jedoch gegenwärtig auf Mount Wilson fortgesetzt und es werden die Beobachtungen mit ihren neuesten Riesenteleskopen die Frage wohl bald einer endgültigen Entscheidung zuführen. Würden die Versuche nicht wesentlich andere Resultate zutage fördern als bisher, so würde die Theorie, wie Wiechert (1920) sich geäußert, an dieser Stelle einen schweren Stoß bekommen. Prinzipiell wird sich aber auch diese Rotverschiebung der Spektrallinien aus der elektromagnetischen Theorie des Lichtes erklären lassen.

Die drei Einsteinschen Folgerungen können daher nicht als sichere Beweise für die Richtigkeit der Einsteinschen Relativitätstheorie angeführt werden. Der heuristische Wert seiner Theorie ist daher auch noch nicht erwiesen. Einstein hofft, daß es einmal gelingen werde, experimentell nachzuweisen, daß durch „relative Drehung“ eine Fliehkraft erzeugt werde. Würde dies der Fall sein, so wäre nach Wulf die Frage zugunsten der allgemeinen Relativitätstheorie entschieden. Doch wir glauben, man könne hier mit mehr Berechtigung als er das Einsteinsche: „Es wird nie gelingen“ aussprechen und entgegenhalten. — Es wurde auch schon an anderer Stelle gezeigt, daß der Einsteinschen Anschauung die größten Schwierigkeiten entgegenstehen, und daß namentlich die Erklärung seiner Gravitationsfelder als unannehmbar bezeichnet werden müsse.

Für die Richtigkeit seiner speziellen Theorie beruft sich Einstein auf ihre Übereinstimmung mit der Erfahrung, bezw. auf den Michelsonversuch, der durch seine Theorie eine sinnige Erklärung gefunden. Wir wissen aber auch, daß die Deutung der Ergebnisse des Michelson-

versuches zunächst zwar die damit gegebene Schwierigkeit hebt, dafür aber nicht wenige andere einführt, die womöglich noch größer erscheinen. Ja, die ganze Theorie zeigt, wie wir im Verlaufe unserer Untersuchung gesehen, so viele formalistische Einschläge, und hat sich selbst nach einigen Physikern in logische Widersprüche verwickelt, daß man sich gezwungen sieht, der Theorie als solcher mit Kremer den inneren wissenschaftlichen Wert abzuspochen, wenn man auch sonst einige Theoreme derselben annehmbar finden würde. In der Darstellung, in welcher uns jetzt die Relativitätstheorie Einsteins entgegentritt, ist sie unseres Erachtens als unhaltbar zu bezeichnen.

* * *

Wir glauben umsomehr berechtigt zu sein, dieses Endurteil auszusprechen, als wir nicht allein stehen und gegenwärtig schon nicht wenige Physiker die Einsteinsche Relativitätstheorie als einen idealistischen Formalismus abweisen, und andererseits namentlich die Verteidiger des Positivismus mit ihren Anschauungen, daß Ideen überhaupt nur Fiktionen darstellen und nur der Sinnesschein die positive Wahrheit übermittle, sich als warme Verteidiger der Relativitätstheorie eingestellt haben, Einstein aber auch selbst wenigstens zu der Annahme Anlaß gegeben, daß er gleiche Anschauungen verrete, daher auch seine Theorie ihnen gemäß erklärt werden müsse. Seine Relativitätstheorie könnte man daher tatsächlich einen „relativistischen Positivismus“ oder „relativistischen Formalismus“ nennen. Kremer (S. 55) bemerkt zu dieser philosophischen Stellung der Relativitätstheorie nachfolgendes. Nachdem er einige Ausführungen eines Anhängers der positivistischen Schule (M. Schlick) gebracht, fügt er bei: „Daß dies die zutreffende Auffassung der Denkweise Einsteins ist, sollen uns dessen eigenen Worte bezeugen: Mit dem Worte „Wahr“ bezeichnen wir (Einstein) in letzter Linie stets die Übereinstimmung mit einem „realen Gegenstand“; die Fragen nach der „Wahrheit“ geometrischer Sätze haben keinen Sinn; ein Urteil, das nur den logischen Zusammenhang der Begriffe untereinander ausdrücke, sei weder als wahr, noch als unwahr zu bezeichnen. Der Satz, daß durch zwei Punkte nur eine Gerade hindurchgehe, sei nur der Ausdruck der „Gewohnheit“, in einer Strecke zwei markierte Stellen auf einem praktisch starren Körper zu sehen und die Geometrie sei als ein Zweig der Physik zu betrachten. — Daß Einstein uns andererseits anschaulich ganz unvollziehbare Begriffe zumuten möchte, wie den von der relativen Verschiedenheit eines und desselben Größenbegriffes je nach dem Standpunkt der Messung, und eine Weltanschauung, in welcher die Idee der objektiven wahren Welt bloß in einem System von Maßtransmutationsformeln erreichbar ist — das beweist nur, daß trotz der anscheinenden Verschiedenheit der beiden philosophischen Richtungen (Neukantianismus und Positivismus), diese doch eine starke innere Verwandtschaft

haben, eine Verwandtschaft, vermöge welcher sie beide, wiewohl mit verschiedenen Begründungen, gegen Begriffe ohne anschaulichen Sinn nichts einzuwenden haben, die eine, weil ihr im reinen Begriffe die Erkenntnis beschlossen ist, die andere, weil ihr alle reinen Begriffe bloß fiktiv sind, so daß man in der „Relativitätstheorie“ die Mißbehe sich vollziehen sehen kann zwischen der positivistischen einseitigen Betonung der Wahrheitsbedeutung des Sinnlich-Anschaulichen und der abstraktionistischen Aufdrängung ganz unanschaulicher und unvollziehbarer Fiktionen.“

Baut sich die Einsteinsche Relativitätstheorie tatsächlich auf solchen idealistischen Ideen auf, so muß man Kraus (Hypothese und Fiktion in der Relativitätstheorie, Leipzig 1921) recht geben, wenn er dafür hält, daß das Relativitätsprinzip selbst nur fiktiven Charakter habe und bloß als ein Mittel der Darstellung diene; und auch Gehrke (Die Stellung der Mathematik zur Relativitätstheorie) beistimmen, der erklärt, daß die Denkrichtung der Relativitätstheoretiker überhaupt nur auf den „mathematischen Aufbau gerichtet“ sei und nicht „auf die erkenntnistheoretische Vertiefung und Klarstellung“. Damit verliert aber auch die „Relativitätstheorie“ ihren ganzen inneren realen Wert, und einer solchen „Hypothese“ zur Erklärung des Weltbildes kann weder eine gesunde Philosophie, noch eine exakte, vernünftige Naturforschung Beifall zollen.

Damit soll aber keineswegs in Abrede gestellt werden, daß Einstein einige physikalische Fragen klargestellt und manche neue, fruchtbare Ideen angeregt habe; durch einige seiner Leistungen wurde der Fortschritt der theoretischen Physik wesentlich befördert und sie werden ihren Wert behalten, wenn auch die Relativitätstheorie selbst nicht anerkannt werden sollte.

Der Prophet Elias.

Von Dr Karl Frühstorfer, Binz.

6. Artikel.

Elias als Rächer verletzter Untertanenrechte. Seine Strafweisung über das Haus Achab (1 Kg 21, 17 bis 29).

Als Achab die Frucht der an Naboth verübten Bluttat einheimfen will, fällt auf sein Glück der Schatten des Propheten Elias, der plötzlich vor ihm steht. Gott hat ihn gesandt, daß er Zeugnis gebe der Unschuld Naboths, daß er verurteile das schuldige Königspaar. Gott hält Gericht über Achab und Jezabel durch seinen Propheten. Im Auftrag Jahves sprach nämlich Elias zu Achab: Du hast gemordet und überdies noch ungerechtes Gut erworben (V. 19).¹⁾ Klipp und

¹⁾ Nach dem masor. Text wäre zu übersetzen: Hast du gemordet und überdies in Besitz genommen? Durch die Frageform wird der Vorwurf etwas gemildert. Die Objekte zu den beiden Verba fehlen. Durch die Kürze