

RELATIVITÄTSTHEORIE UND ATHEISMUS

Von

T. ELEK

Lehrstuhl für Marxismus-Leninismus, Technische Universität, Budapest

(Eingegangen am 18. November, 1963)

Laut Weisung der Geschichte erleidet die religiöse Weltanschauung durch die Entwicklung der Naturwissenschaft ständig heftige Rückschläge, die mit objektiver Notwendigkeit zum Atheismus, zur Negation der »übernatürlichen Welt« führen. Die objektive Notwendigkeit kann jedoch auch in diesem Falle nicht ungehindert triumphieren, sondern muß sich mit komplizierter Widersprüchlichkeit, tendenzartig über Umwege und Gegenteilenden den Weg bahnen.

Erkenntnistheoretisch kann der Naturwissenschaftler sowohl durch die empirisch-positivistische wie auch durch die abstrakt-rationalistische Auffassung zum philosophischen Idealismus gelangen, selbst dann, wenn er sich zum Atheismus bekennt. Lenin schildert mit beißender Ironie den zwittrigen Atheismus von Ernst Mach, und entlarvt gleichzeitig dessen idealistisch-philosophische Ansichten. U. a. erwähnt er Machs Inkonsequenz bei der Ablehnung des Gedankens des vierdimensionalen Raumes. Einerseits distanziert er sich von den Theologen, den Spiritisten und ihren Gespenstergeschichten, andererseits leistet er ihnen gute Dienste, indem er die elektrischen Erscheinungen als einen Vorgang betrachtet, der sich nicht unbedingt im dreidimensionalen Raum abspielen muß.

»Der philosophische Idealismus ist bloß eine getarnte, schwülstige Gespenstergeschichte«, betont Lenin an dieser Stelle. (Werke, Szikra-Verlag, 1954. Band 14. S. 185. ungarisch.)

Diese Feststellung Lenins bezieht sich nicht nur auf die empirisch-positivistischen, sondern in besonderem Maße auch auf die abstrakt-rationalistischen Vertreter des physikalischen Idealismus, und dies selbst dann, wenn sie erklären, daß sie an einen persönlichen Gott nicht glauben.

Dies zu betonen ist schon deshalb wichtig, weil wir gerade in den letzten Jahren Zeugen der Zurückdrängung des Positivismus und des Vordringens des objektiven Idealismus innerhalb des physikalischen Idealismus sind. An dieser Stelle sei auf die 1958 gelegentlich der *Planck*-Jahrhundertfeier gehaltene Rede *Heisenbergs* hingewiesen. Er begründete die Entwicklung seiner philosophischen Ansichten — die vom Machismus zum objektiven Idealismus

neigen —, indem er sich unter Betonung der Platonischen objektiven mathematischen Symmetrie auf Hegel und die Formeln der Lorentz-Transformation, sowie auf die Einsteinsche Deutung des Gravitationsfeldes beruft.

Meines Erachtens hat hier *Heisenberg* der Wahrheit entsprechend auf das philosophische Wesen der Einsteinschen Konzeption von der Relativitätstheorie hingewiesen, ein nicht zu unterschätzendes Resultat, da doch der philosophische Standpunkt Einsteins in der internationalen philosophischen und physikalischen Literatur bekanntermaßen heftige Diskussionen ausgelöst hat, die noch heute andauern.

In der marxistischen philosophischen Literatur herrschte früher der falsche Standpunkt vor, Einsteins Konzeption trage deutlich Machistische Charakterzüge. In den letzten Jahren verfiel man jedoch ins andere Extrem und schrieb seiner Konzeption materialistischen Charakter zu. In Wirklichkeit ist jedoch für Einsteins Konzeption der *pantheistische Rationalismus*, ein mit ausreichender Konsequenz zu Geltung gebrachter, objektiv-idealistischer Standpunkt, der Glaube an die von der »Weltvernunft« geschaffene Harmonie, charakteristisch. Er selbst nennt sie »kosmische Religion«; sie drückt auch dem philosophischen Inhalt der Relativitätstheorie ihren Stempel auf.

Es ist sattsam bekannt, auf welche Weise die jesuitischen Naturphilosophen G. A. Wetter, W. Büchel und andere aus der Einsteinschen »kosmischen Religion« Nutzen ziehen wollen, indem sie behaupten, daß es *die Wissenschaft selbst ist*, die den Beweis für das Sein einer primären geistigen Welt erbringt. *Georg Klaus* und andere materialistische Gelehrte pflegen in den Diskussionen, die sie gegen derartige Ansichten führen, zu betonen, daß die idealistische Entstellung nicht der Einsteinschen Theorie selbst, sondern vielmehr ihren falschen Interpretationen zuzuschreiben ist, da die Einsteinsche Theorie zur Gänze den dialektischen Materialismus bestätigt. Meines Erachtens ist dies ein falscher Standpunkt. Das experimentelle Tatsachenmaterial und der mathematische Apparat, die der Relativitätstheorie zugrunde liegen, können philosophisch verschiedenartig gedeutet werden, und *der Standpunkt des dialektischen Materialismus kann nur mit einer der Einsteinschen entgegengesetzten Interpretation in Einklang gebracht werden*.

Dies läßt sich auch anhand der Einsteinschen Interpretation der Lorentz-Transformation beweisen, deren Platonisches Wesen *Heisenberg* — wie bereits erwähnt — ganz klar begriffen hat.

Wie lautet die Einsteinsche Definition der Lorentz-Transformation (LT)? Welche Reihe logischer und mathematischer Operationen führt zur LT? Ihre Zusammenfassung möchte ich auf Grund dreier seiner Werke liefern:

I. Grundzüge der Relativitätstheorie (Verlag Vieweg, Braunschweig, 1956)

- II. Seine wissenschaftliche Selbstbiographie in einem von Arthur Schilpp herausgegebenen zweibändigen Sammelwerk. (Verlag Harper, New York, 1959)
- III. Mein Weltbild (Querido Verlag, Amsterdam, 1934).

Erstens stellt er im Einklang mit seinem erkenntnistheoretischen Standpunkt erneut und unmißverständlich fest: der seiner Theorie entgegengesetzte Standpunkt der Positivisten (in erster Reihe Machs und Ostwalds) entspricht einem Vorurteil. »Das Vorurteil — welches seither keineswegs ausgestorben ist — liegt in dem Glauben, daß die Tatsachen allein ohne *freie* begriffliche Konstruktion wissenschaftliche Erkenntnis liefern könnten und sollten.« »Solche Täuschung«, sagt Einstein, »ist nur dadurch möglich, daß man sich der *freien* Wahl von Begriffen nicht leicht bewußt werden kann, die durch Bewahrung und langen Gebrauch unmittelbar mit dem empirischen Material verknüpft zu sein scheinen.« (s. II/S. 48, ferner: I/S. 2 und II/S. 80). An einer anderen Stelle erklärt Einstein, daß »eine noch so umfangreiche Sammlung empirischer Fakten nicht zur Aufstellung... verwickelter Gleichungen führen kann...; solche Gleichungen können nur dadurch gefunden werden, daß eine *logisch einfache mathematische Bedingung* gefunden wird, welche die Gleichungen völlig oder nahezu determiniert.« (S. II/S. 88, ferner III/S. 238—239. Hervorhebungen von mir! T. E.)

Auch die spezielle Relativitätstheorie und ihren mathematischen Apparat, einschließlich der LT, brachte Einstein als eine »frei« gebildete begriffliche Konstruktion zustande. Bei der Konzipierung dieser frei geschaffenen Begriffe, Axiome und Postulate bedient sich Einstein wiederholt des Konditionals, indem er Ausdrücke wie »es scheint«, »vermutlich«, »sie müssen sein« usw. benutzt.

Vor allem bezieht sich dies auf den Begriff der Inertialsysteme, den der junge Einstein nur zögernd anwendet. Er stellt die Frage, »*ob es relativ zueinander bewegte Bezugsräume gibt, welche physikalisch gleichwertig sind.*« (s. I/S. 16) Die Antwort, die zugleich die Begriffsdefinition der Inertialsysteme darstellt, gibt er wie folgt:

»Es *scheint* also, daß es kartesische Koordinatensysteme (sogenannte Inertialsysteme) gebe, in bezug auf welche die Gesetze der Mechanik (allgemeiner überhaupt der Physik) *ihre einfachste Form annehmen. Wir können die Gültigkeit des Satzes vermuten*: Ist K ein Inertialsystem, so ist jedes gegenüber K gleichmäßig und drehungsfrei bewegte Koordinatensystem K' ebenfalls ein Inertialsystem; die Naturgesetze stimmen für alle Inertialsysteme überein. Diese Aussage bezeichnen wir als »spezielles Relativitätsprinzip.« (S. I/S. 16. Hervorhebung von mir! T. E.).

Offensichtlich gestaltet also Einstein den Begriff der Inertialsysteme und das Postulat ihrer Gleichwertigkeit tatsächlich »frei«. Es handelt sich

hier um nicht weniger als um die Hypothese, daß die Natur eine Gruppe der orthogonalen Koordinatensysteme *dadurch* auszeichnet, daß bei ihr die elegantesten und einfachsten Formeln zur Beschreibung der Naturgesetze aufzufinden sind. Welche sind die logischen Konsequenzen dieser Voraussetzung?

Vor allem die Anerkennung dessen, daß Inertialsysteme nur im vollkommen gravitationsfreien und von jedweder materieller Kräfteeinwirkung freien Raumgebiet existieren und sich bewegen können; außer der gleichförmigen Translation ist für sie eine andere Bewegung nicht gestattet. Diesen Raum nannte Einstein den »feldfreien Raum« (s. II/S. 70).

Dieser Begriffsbildung steht die materialistische Wissenschaft vollkommen fremd und ablehnend gegenüber. In der modernen Physik bezeichnet der Begriff des Feldes ein *materielles Objekt*, in dessen Existenz und Veränderlichkeit bestimmte Gesetze zur Geltung kommen. Der Begriff des Raumes bezeichnet hingegen die *formelle Seite* der physikalischen Objekte sowie der Existenz und Veränderungen der physikalischen Felder. Hierdurch werden die zwischen ihren Elementen zustande kommenden Entfernungs- und Winkelverhältnisse, die Bahn der in ihnen sich abspielenden Bewegungserscheinungen sowie auch das Nebeneinander einzelner ihrer Momente wieder gespiegelt.

Der Begriff des »feldfreien Raumes« stellt in Wirklichkeit einen vom empirischen Tatsachenmaterial fernstehenden, »frei« geschaffenen Begriff dar, der durch seine Weiterentwicklung zum vierdimensionalen Raum im wesentlichen mit dem Begriff des von der Materie losgelösten und gegenüber der Materie eine primäre Position einnehmenden Newtonschen absoluten Raumes identisch wird. *Der von Einstein stammende Begriff des feldfreien Raumes verleiht dem Raum einen primären inhaltlichen Charakter*, während das Feld, z. B. das Gravitationsfeld in dieser Konzeption mit seinen Bewegungserscheinungen nur eine sekundäre, formelle Seite des Raumes mit veränderter Geometrie bekleidet. Dadurch spielt hier die Physik neben der Geometrie nur eine untergeordnete Rolle.

Eine weitere logische Konsequenz des Begriffes vom feldfreien Raum liefert die Feststellung, nach der sich in diesem Raum nur solche Bewegungen und Zustandsänderungen vollziehen können, die nicht auf materielle Ursachen zurückgeführt werden können. *Dieser immaterielle Ursprung und Charakter bezieht sich in erster Reihe auf jene Translationsgeschwindigkeiten der Inertialsysteme, die im Vergleich zu jedem K-System voneinander verschieden sind.* Sollten nämlich die Inertialsysteme physikalische Körper oder materielle Punkte repräsentieren, dann könnte man die zwischen ihnen auftretenden Wechselwirkungen und die aus ihnen entstehenden Geschwindigkeitsveränderungen nicht ausschließen. Geradlinige, gleichmäßige Bewegung kann nur dann zustande kommen, wenn das gegenseitige Verhältnis der Inertialsysteme nur einen *geometrischen und keinen physikalischen* Charakter hat.

Natürlich muß dies noch mit der Feststellung ergänzt werden, daß der Begriff des Inertialsystems die Abstraktion des geradlinig gleichmäßig bewegten physikalischen Körpers darstellt und demzufolge mit der Erfahrung in Verbindung gebracht werden kann. Wir verfügen jedoch in bezug auf gleichmäßig geradlinig bewegte physikalische Körper über keine Erfahrungen, die uns gestatten würden, das absolute Fehlen der Kräftewirkungen (d. h. des feldfreien Raumes) und die absolute Ausschließlichkeit der gleichmäßigen Translation in der Bewegung des gegebenen physikalischen Objektes vorzusetzen. In dieser Beziehung können wir uns nur auf Erfahrungen stützen, die auf das gleichzeitige Bestehen sich gegenseitig ausgleichender Zustandsänderungswirkungen hinweisen, und selbst dann nur in bestimmten Koordinatensystemen, meistens im Koordinatensystem der Erde oder des auf ihm in horizontaler gerader Bahn bewegten Fahrzeuges. Nach der Einsteinschen Definition handelt es sich hier nicht um Inertialsysteme, da ihre Bewegung im Koordinatensystem der Sonne und der Fixsterne weder geradlinig noch gleichmäßig ist. Die Begriffe der Inertialsysteme und des feldfreien Raumes sowie das spezielle Relativitätsprinzip bilden also eine wirkliche Einsteinsche, freie gedankliche Konstruktion, die vom empirischen Tatsachenmaterial weitgehend (relativ) unabhängig ist und das Auftreten von Zustandsänderungen immateriellen Charakters als logisch begründet darstellt.

In dieser Konzeption kann die Fortpflanzung des Lichtes im feldfreien Raum ebenfalls nicht als materielle Erscheinung betrachtet werden. Einstein betonte öfters, daß das Licht über keinen materiellen Träger verfüge, demzufolge stelle es nicht die Zustandsänderung irgendeines materiellen Objektes, sondern die periodische Zustandsänderung des leeren, feldfreien Raumes dar (s. z. B. III/S. 203—204). Dieser Gedanke findet folgende klare Formulierung: »Die Einführung von Fernwirkungen, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten, bleibt zwar nach dieser Theorie denkbar, erscheint aber unnatürlich; in einer derartigen Theorie könnte es nämlich keinen vernünftigen Ausdruck für das Energieprinzip geben. Es erscheint deshalb unvermeidlich, daß die physikalische Realität durch kontinuierliche Raumfunktionen zu beschreiben ist. Der materielle Punkt dürfte deshalb als Grundbegriff der Theorie nicht mehr in Betracht kommen.« (S. II/S. 60. Hervorhebungen von mir! T. E.)

Laut Einstein sind also der Vorgang der Lichtausbreitung und die elektromagnetischen Wellen auf keinen Fall der Ausbreitung irgendeiner materiellen Wirkung zuzuschreiben. In seiner Kritik der Maxwellschen Theorie erwähnt er, daß diese der elektrischen bzw. magnetischen Feldstärke sowie den entsprechenden Verschiebungen irrtümlich die gleiche Bedeutung beimißt, weshalb sie den leeren Raum als einen speziellen Fall des Dielektrikums betrachtet. Einstein sagt hierüber folgendes: »Die Materie erschien als Träger des Feldes und nicht der Raum« (s. II/S. 34).

Ferner fügt er hinzu, daß nur die spezielle Relativitätstheorie eine ausführliche *begriffliche* Deutung der Maxwellschen Theorie liefern konnte. Seiner Meinung nach ist die folgende Deutung der Maxwellschen Gleichungen nicht ausreichend: sie sollten als mathematische Verallgemeinerung von Tatsachen betrachtet werden, die an das magnetische Feld des elektrischen Stromes und an die elektromagnetische Induktion — als materielle Erscheinungen — anknüpfen. Dies dürfte nämlich den Anschein erwecken, daß sie Produkte einer nicht »freien« Begriffsbildung waren. Einstein betrachtet jedoch folgende Definition der Maxwellschen Gleichungen als ausreichend: »Es sind die einfachsten Lorentzinvarianten Feldgleichungen, die für einen aus einem Vektorfeld abgeleiteten schief symmetrischen Tensor aufgestellt werden können« (s. II/S. 62). Zweifelsohne entspricht diese Definition der Einsteinschen Konzeption über die vom empirischen Tatsachenmaterial unabhängige, *freie Begriffsbildung* in weit höherem Maße.

Als nächster Schritt beim Aufbau des Begriffssystems der speziellen Relativitätstheorie soll die Formulierung des *Postulats der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit* in Angriff genommen werden. Wie motiviert Einstein die Einführung dieses Postulats? Erstens beruft er sich darauf, daß die Maxwellschen Gleichungen der Galileischen Transformation gegenüber keine Kovarianz aufweisen, was zur Folge hätte, daß nur von einem *K*-System (dem Koordinatensystem des Äthers) die Rede sein kann, in dem sich die Lichtausbreitung mit der aus der Maxwellschen Theorie resultierenden Geschwindigkeit *c* vollzieht und daß die Translationsgeschwindigkeit jedes anderen Inertialsystems im Vergleich zu *K* nachweisbar sein müßte. Der *Michelson—Morley*-Versuch sowie andere Experimente lieferten den Beweis, daß die Translationsgeschwindigkeit der Erde im Vergleich zu *K* nicht nachweisbar ist. Sowohl die Optik der beweglichen Körper wie auch die Versuche von *Fizeau* und die an Doppelsternen gemachten Beobachtungen von *De Sitter* lieferten jedoch den Beweis für die Richtigkeit der Maxwellschen Gleichungen. Welche Folgerungen sind hieraus — nach Einstein — zu ziehen?

»Die Konsequenz der Maxwell—Lorentzschen Gleichungen, daß — *wenigstens bezüglich eines bestimmten Inertialsystems K* — sich das Licht im leeren Raum mit der Geschwindigkeit *c* fortpflanze (Prinzip von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit) muß uns also als gesichert gelten. Nach dem speziellen Relativitätsprinzip müssen wir dann die Gültigkeit dieses Prinzips auch für jedes andere Inertialsystem als gesichert annehmen. (S. I/S. 18. Hervorhebungen von mir! T. E.).

Das Postulat der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit wird also von Einstein ausdrücklich als die Anwendung des auf die Maxwellschen Gleichungen bezüglichen Gleichwertigkeits-Postulats der Inertialsysteme erklärt, und infolgedessen auch als eine »freie« Begriffsbildung betrachtet. Er bezieht sich nachdrücklich auf das durch die aufgezählten Experimente gebotene

empirische Tatsachenmaterial, um das theoretische Postulat für die Kovarianz der Maxwell'schen Gleichungen aufstellen und auf diese Weise die Galilei-Transformation, die diesen Ansprüchen nicht genügt —, zurückweisen zu können. Es soll also besonders betont werden, daß die zwei Grundpostulate der speziellen Relativitätstheorie von Einstein intuitiv aufgestellt wurden u. zw. aus einer Position, die die Möglichkeit dessen ausschließt, daß zwischen den verschiedenen Inertialsystemen einerseits sowie dem Lichtstrahl und irgendeinem Inertialsystem andererseits materielle Wechselwirkungen auftreten.

Wir möchten bemerken, daß die Verfasser der Werke über die Relativitätstheorie vom *freien, intuitiven Charakter* der Theoriebildung, der von Einstein nicht verheimlicht, sondern vielmals stolz verkündet wird, keine Notiz nehmen, vielmals den Anschein erwecken wollen, als lieferte das experimentelle Tatsachenmaterial die *eindeutige* Bekräftigung der Einsteinschen Konzeption. Einstein selbst betont des öfteren, daß *dem empirischen Erlebnismaterial bei der Bildung der Theorie nur eine psychologische und keine logische Bedeutung beigemessen werden kann.* (S. u. a. III/S. 168—169 und 238—239, ferner Lettres à M. Solovine, Paris, 1956, 120. Seite.)

Aus diesem Gesichtspunkt ist es daher besonders angezeigt, die *Invarianz-Theorie*, die den Kern der speziellen Relativitätstheorie bildet, eingehender zu untersuchen. *Der dialektische Materialismus anerkennt bekanntlich keine absolute Invarianz, sondern mißt im Gegenteil jeder Unveränderlichkeit, jedem Gleichgewichtszustand, deren Zustandekommen dem vorübergehenden Ausgleich gegenseitiger materieller Effekte zuzuschreiben ist, einen relativen und dynamischen Charakter bei.* Hiervon war bereits im Zusammenhang mit der geradlinigen gleichmäßigen Bewegung die Rede. Die Entwicklungsgeschichte der Wissenschaft beweist zur Genüge: bis zur vollständigen Klärung der inneren Widersprüchlichkeit und Struktur der Invarianz-Erscheinung können unsere diesbezüglichen Kenntnisse nur sehr oberflächlich sein. In diesem Zusammenhang sollte auf die qualitative Differenz hingewiesen werden, die zwischen der Mechanik der starren Körper und der modernen Physik der Festkörper besteht.

Die Wahrnehmung invarianter Erscheinungen liefert im Anfangsstadium der Theoriebildung stets nur Kenntnisse oberflächlichen, phänomenologischen Charakters, die unvermeidlich in eine oberflächliche philosophische Stellungnahme münden. Darin liegt auch jene erkenntnistheoretische Quelle des Positivismus verborgen, die die wissenschaftliche Tätigkeit auf die untergeordnete Rolle des Katalogisierens und der Registrierung von Erlebnissen der Beobachter beschränken würde. *Die irrige Auslegung der Invarianz-Theorie kann jedoch auch in eine objektiv idealistische, teleologisch philosophische Stellungnahme münden, indem sie die Invarianz absolutisiert und für sie nur die vorweg bestimmte Harmonie als Erklärung anführen kann.* Meines Erachtens

ist das Charakteristische der Invarianz-Theorie von Einstein im vorhin Erwähnten zu erblicken.

Wie definiert nun Einstein die LT? Natürlich so, daß man jene Transformationsgleichungen finden muß, die den beiden frei formulierten Postulaten genügen. Man überträgt »den eigenen Raum und die eigene Zeit« des Systems K in »den eigenen Raum und die eigene Zeit« des zu ihm mit der Geschwindigkeit v bewegten Systems K' , und zwar so, daß das Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit sowie das Prinzip der speziellen Relativität zur Geltung gelangen müssen (s. I/S. 19). Mathematisch bedeutet diese Forderung bekanntlich, daß die auf das System K bezogene Fortpflanzung des Lichtes gültige Gleichung

$$r = c \cdot \Delta t \quad (1)$$

bzw.

$$\sum_3 (\Delta x_i)^2 - c^2 \cdot (\Delta t)^2 = 0 \quad (2)$$

nach der LT in die auf das System K' bezogene Gleichung

$$\sum_3 (\Delta x'_i)^2 - c^2 \cdot (\Delta t')^2 = 0 \quad (3)$$

übertragen werden muß und umgekehrt (s. I/S. 19–20). Diese Deutung der LT *betrachtet Einstein selbst geradeso als eine freie begriffliche Konstruktion* wie die beiden als Grundlagen dienende Postulate. Die freie Konstruktion ist damit jedoch noch nicht beendet.

Aus dem Postulat, daß sich der Lichtstrahl in allen Inertialsystemen mit der gleichen Geschwindigkeit ausbreitet, leitet Einstein die Verschmelzung von Raum und Zeit zum vierdimensionalen Raum-Zeit-Kontinuum ab. Dementsprechend verschmelzen sich auch der Punkt im Raum und der Zeitpunkt zu dem sog. »elementaren Ereignis«. Diese Verschmelzung geht jedoch unabhängig von jedwedem materiellen Prozeß vor sich.

Gleichung (1) beschreibt den zwischen den beiden elementaren Ereignissen der Lichtfortpflanzung bestehenden mathematischen Zusammenhang: das erste Ereignis ist das Abgehen des Lichtsignals aus der Lichtquelle, das zweite seine Ankunft in den Empfangsapparat nach einer Zeit Δt . Der Einfachheit halber soll die Lichtquelle im Anfangspunkt des K -Systems liegen und das Lichtsignal sich der positiven x -Achse entlang fortbewegen. Der Zeitpunkt des Abganges des Lichtsignals soll t_0 , der seiner Ankunft t sein. Die beiden elementaren Ereignisse sind daher:

$$(0, 0, 0, t_0) \text{ und } (x, 0, 0, t), \text{ wobei } t_0 < t. \quad (4)$$

In ihrem Verhältnis zueinander stellt das erste Ereignis die *Ursache*, das zweite hingegen die *Wirkung* dar.

Damit kann nun Gleichung (1) in der Form:

$$x = c(t - t_0) \quad (5)$$

geschrieben werden. Das Bestehen dieser Gleichung ist eine notwendige und genügende Vorbedingung dazu, daß der zeitliche Zustand t_0 der Lichtquelle $(0, 0, 0)$ zufolge der mit endlicher Geschwindigkeit sich fortpflanzenden, d. h. retardierten (verzögerten) elektromagnetischen Wirkung als *Ursache* den Zustand des Empfangsapparats $(x, 0, 0)$ zum Zeitpunkt t als *Wirkung* bestimmt. Ist t gegeben, dann folgt aus (5) die Gleichung

$$t_0^{(r)} = t - \frac{x}{c}. \quad (6)$$

Der obere Index (r) verweist auf den retardierten Charakter der Wirkung.

Nun muß jedoch beachtet werden, daß die Gleichung (2) — die sich aus der Quadrierung der Gleichung (1) ergibt —, bereits eine falsche Wurzel enthält und deshalb bei diesem Zusammenhang — d. h. bei unserem Beispiel — die Erfüllung der Gleichung

$$x^2 = c^2 (t - t_0)^2 \quad (7)$$

nur mehr eine zwar notwendige, aber ungenügende Vorbedingung der elektromagnetischen Beziehung der unter (4) beschriebenen Ereignisse ist, vorausgesetzt, daß auch jetzt der Ort der Lichtquelle mit $(0, 0, 0)$ und der des Empfangsapparats mit $(x, 0, 0)$ angezeigt wird. Aus (7) folgt nämlich

$$t - t_0 = \pm \frac{x}{c},$$

woraus

$$t_0 = t \mp \frac{x}{c}. \quad (8)$$

Hierin ist die der retardierten elektromagnetischen Wirkung entsprechende Lösung unter (6) enthalten, aber auch die falsche Lösung

$$t_0^{(a)} = t + \frac{x}{c} \quad (9)$$

in der der obere Index (a) auf irgendeinen »avancierten« elektromagnetischen Effekt, d. h. auf irgend etwas von der Art hinweist, als ob der Zustand des Empfangsapparats $(x, 0, 0)$ zum Zeitpunkt t als Wirkung von einem *späteren* Zustand der Lichtquelle $(0, 0, 0)$ bestimmt werden, d. h. als ob die Wirkung ihrer eigenen Ursache zeitlich vorangehen würde.

In Wirklichkeit gibt die Lösung unter (9) jenen Zeitpunkt an, in dem vom Empfangsapparat $(x, 0, 0)$ als von einer sekundären Lichtquelle das im Zeitpunkt t reflektierte Lichtsignal in Richtung der negativen x -Achse zur Lichtquelle $(0, 0, 0)$ zurückgelangt. Die beiden Lösungen zusammengefaßt:

Es sind zwei Zustände der Lichtquelle $(0, 0, 0)$ möglich, die in direkter elektromagnetischer Verbindung mit dem Zustand des auf der positiven x -Achse befindlichen Empfangsapparats $(x, 0, 0, t)$ stehen. Diese Zustände sind:

$$\left(0, 0, 0, t - \frac{x}{c}\right) \text{ und } \left(0, 0, 0, t + \frac{x}{c}\right). \quad (10)$$

Mathematisch befriedigen die Gleichung (7) beide Lösungen, physikalisch besteht jedoch die Differenz, daß bei der ersten Lösung das Ereignis $\left(0, 0, 0, t - \frac{x}{c}\right)$ die *Ursache*, bei der zweiten Lösung hingegen das Ereignis $\left(0, 0, 0, t + \frac{x}{c}\right)$ die *Wirkung* des Ereignisses $(x, 0, 0, t)$ ist.

Aus obigem ist offensichtlich, daß die *mathematische Methode* für die *Physik* nicht befriedigend sein kann, zumal sie sich bei der Beschreibung der elementaren Ereignisse mit der Bezeichnung der für diese charakteristischen Zahlenvierer begnügt. *Physikalisch* bedeutet der Zahlenvierer $(x, 0, 0, t)$ sowohl bei der ersten wie auch bei der zweiten Lösung etwas anderes. Im ersten Fall bedeutet er die Ankunft des aus der Lichtquelle $(0, 0, 0)$ eintreffenden Lichtsignals, im zweiten Fall jedoch die Absendung des aus der sekundären Lichtquelle $(x, 0, 0)$ ausgehenden Lichtsignals. Wenn man daher die auch physikalisch richtige Lösung der Gleichung (7) zu erhalten wünscht, d. h. wenn man die Ausbreitung der Lichtstrahlung $(0, 0, 0, t_0)$ der x -Achse entlang richtig beschreiben will, können nur Zahlenvierer $(x, 0, 0, t)$ in Betracht kommen, bei denen

$$t_0 < t. \quad (11)$$

Diese Einschränkung aber, die vorweg die mystische, avancierte Wirkung — wie unter (9) angenommen — ausschließen würde, wird von Einstein nirgends angewendet. Wie bereits zitiert, betrachtet Einstein die Voraussetzung, daß sich an den Lichtstrahlen entlang irgendeine *materielle Wirkung* ausbreiten würde, als widernatürlich, und er erblickt in der elektromagnetischen Welle nichts anderes als die von den Maxwell'schen Gleichungen abgeleitete und mit der Gleichung (2) charakterisierbare *mathematische Zustandsveränderung* des vierdimensionalen »feldfreien Raumes«. Gerade in Verbindung mit den Maxwell'schen Gleichungen nennt er die partielle Differenzialgleichung die *Herrscherin* der theoretischen Physik (s. III, S. 211—213).

An anderer Stelle bringt er klar zum Ausdruck, daß man jeder, die kontinuierliche Veränderung von Zahlenvierern (x_1, x_2, x_3, x_4) beschreibenden Gleichung eine *physikalische Bedeutung beimessen muß und daß diese physikalische Bedeutung um nichts mehr ist, als das Zusammenfallen der veränderlichen Zahlenvierer mit angegebenen Zahlenvierern*. (S. Einstein: Über die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie, gemeinverständlich. Braunschweig, 1917, Seite 64—65.) Auf den soeben behandelten Fall bezogen, bedeutet diese jedoch, daß von den das Ereignis $(x, 0, 0, t)$ definierenden Ereignissen den Ereignissen $\left(0, 0, 0, t - \frac{x}{c}\right)$ und $\left(0, 0, 0, t + \frac{x}{c}\right)$ eine vollkommen gleiche physikalische Realität zuzuerkennen ist, zumal sie beide die *mathematische Lösung* der Gleichung (7) geben.

Die von Einstein an die LT gestellten Anforderungen formulierten wir zuvor so, daß diese Transformation die auf das System K bezogene und unter (2) angegebene Gleichung der Lichtfortpflanzung in die auf das System K' bezogene Gleichung (3) übertragen muß und umgekehrt. Einstein begnügt sich jedoch nicht mit dieser Forderung, sondern stellt an die LT als eine betont *neue und weitergehende Forderung* die Invarianz des auf der linken Seite der Gleichung stehenden Ausdrucks, nämlich des Quadrates des sog. Raum-Zeit-Intervalls, selbst bei *von Null abweichenden Werten*. Dabei hebt er sogar hervor, daß sich die gesamte Invarianztheorie der speziellen Relativitätstheorie auf die Lorentz-Invarianz des Ausdrucks

$$s^2 = \sum_{(3)} (\Delta x_i)^2 - c^2 \cdot (\Delta t)^2 \quad (12)$$

gründet (s. I/S. 21—24). Er fügt noch hinzu, daß das Relativitätsprinzip auch keine Variante zulassen kann, von der die Gleichungen (2) und (3) voneinander durch Multiplikation mit einem Faktor $\lambda \neq 1$ deduzierbar wären.

Was folgt nun aus der Forderung nach der Invarianz von s^2 ? Zur Vereinfachung nehmen wir wieder das mit den Koordinaten im System K beschriebene elementare Ereignispaar

$$(0, 0, 0, 0), \quad (x, 0, 0, t), \quad x > 0, \quad t > 0. \quad (13)$$

Der erste Ausdruck soll wieder die Abgabe eines Lichtsignals, der zweite hingegen den von der Ankunft dieses Lichtsignals unabhängigen Zustand des Punktes $(x, 0, 0)$ des Systems K im Zeitpunkt t bedeuten (s. Abbildung 1 und 2). Dann ist

$$s^2 = x^2 - c^2 t^2 = -c^2 \left(t^2 - \frac{x^2}{c^2} \right) = -c^2 \left(t - \frac{x}{c} \right) \left(t + \frac{x}{c} \right)$$

bzw. unter Berücksichtigung von (6) und (9)

$$\underline{s^2 = -c^2 \cdot t_0^{(r)} \cdot t_0^{(a)}}. \tag{14}$$

Hier bedeutet $(0, 0, 0, t_0^{(r)})$ wiederum jenen Zustand der Lichtquelle, der das Ereignis $(x, 0, 0, t)$ zustande bringt, d. h. (zusammen mit letzterem) eine physikalisch reelle Lösung der Gleichung (2) gibt. Dies kann gegenüber der Ausstrahlung des *gegebenen* Lichtsignals, d. h. gegenüber dem Ereignis

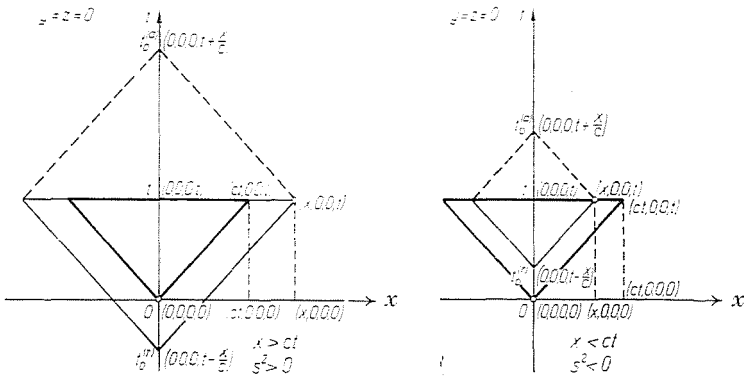


Abb. 1-2

$(0, 0, 0, 0)$ Vergangenheit oder Zukunft sein, während es gegenüber dem Ereignis $(x, 0, 0, t)$ natürlich die Vergangenheit bedeutet. Dagegen bedeutet das elementare Ereignis $(0, 0, 0, t_0^{(a)})$, das mit dem Ereignis $(x, 0, 0, t)$ zusammen mathematisch ebenfalls eine Lösung der Gleichung (2) bietet, physikalisch jedoch nicht, auch gegenüber $(0, 0, 0, 0)$ und $(x, 0, 0, t)$ *unter allen Umständen die Zukunft*.

Wie gestalten sich diese Zeitkoordinaten im System K' bei Anwendung der LT im Einsteinschen Sinne?

$$(t_0^{(r)})' = t' - \frac{x'}{c} = \sqrt{\frac{c+v}{c-v}} \cdot t_0^{(r)} \tag{15}$$

$$(t_0^{(a)})' = t' + \frac{x'}{c} = \sqrt{\frac{c-v}{c+v}} \cdot t_0^{(a)}. \tag{16}$$

Die Invarianz der Formel s^2 ist gesichert, weil

$$(s')^2 = -c^2 \cdot (t_0^{(r)})' \cdot (t_0^{(a)})' = -c^2 \cdot t_0^{(r)} \cdot t_0^{(a)} = s^2. \tag{17}$$

In der Invarianz des Raumzeitintervalls vom Ereignispaar $(0, 0, 0, 0)$ und $(x, 0, 0, t)$ spielt also der Zustand der Lichtquelle $(0, 0, 0)$ zu 2 Zeitpunkten eine Rolle, von denen keiner mit dem Zustand der Lichtquelle identisch ist, die zum Zeitpunkt $t = 0$ das *gegebene Lichtsignal* ausstrahlt; im Verhältnis zu $(x, 0, 0, t)$ vertritt einer von ihnen den Zeitpunkt der retardierten, der andere den der avancierten Wirkung. Das s^2 kann die Lorentz-Invarianz deshalb und nur deshalb darstellen, weil die Zeitkoordinaten der Vergangenheit und der Zukunft eine von v abhängige Multiplikation erfahren, die jedoch im Verhältnis zueinander stets mit Faktoren von reziprokem Wert vorgenommen wird. Eine etwas strengere Formulierung würde lauten: *die Intervalle des vierdimensionalen feldfreien Raumes können nur deshalb und gerade deshalb zu Lorentz-Invarianten werden, weil die in der Vergangenheit und Zukunft stattgefundenen Veränderungen der zwei Weltpunkte, die das Intervall bestimmen, einander egalalisieren müssen, und zwar unter garantiertem Ausschluß jedweder materieller Ursache.*

Dies ist zweifellos eine genügend »freie« Bildung eines Begriffs- und Axiomensystems, das man *logisch* schwerlich der Zugehörigkeit an ein empirisches Tatsachenmaterial bezichtigten könnte. Ich möchte betonen, daß hier nicht nur von *deduzierbaren* Schlußfolgerungen der Einsteinschen Konzeption, sondern von philosophischen Schlußfolgerungen die Rede ist, die durch ihn tatsächlich deduziert worden sind. Über die in der speziellen Relativitätstheorie postulierte Vorzugsrolle der Inertialsysteme bezüglich ihrer unter anderen Bewegungszuständen befindlichen Relativräume sagt er z. B. folgendes:

»Für diese Bevorzugung bestimmter Bewegungszustände vor allen anderen kann gemäß unseren bisherigen Betrachtungen in dem wahrnehmbaren Körpern bzw. in dem Begriff der Bewegung eine Ursache nicht gedacht werden; *sie muß vielmehr auf eine selbständige, d. h. durch nichts anderes bedingte Eigenschaft des raumzeitlichen Kontinuums zurückgeführt werden.* Insbesondere scheint das Trägheitsgesetz dazu zu zwingen, dem Raum-Zeit-Kontinuum physikalisch-objektive Eigenschaft zuzuschreiben. War es vom Standpunkt Newtons konsequent, die beiden Begriffe auszusprechen: 'tempus absolutum, spatium absolutum', so muß man auf dem Standpunkt der speziellen Relativitätstheorie vom 'continuum absolutum spatii et temporis est' sprechen. Dabei bedeutet 'absolutum' nicht nur 'physikalisch-real', sondern auch 'in ihren physikalischen Eigenschaften selbständig, physikalisch bedingend, aber selbst nicht bedingt'«. (S. I/S. 36, ferner III/S. 234--238. Hervorhebungen von mir! T. E.)

In noch klarerer Form umreißt er die philosophischen Schlüsse seiner Theorie in seiner im Jahre 1918 gelegentlich des 60. Geburtstages von Planck gehaltenen Rede. Zu der zwischen Mach und Planck stattgefundenen Diskussion erklärte er, daß Mach deshalb im Unrecht gewesen sei, weil er die

in der Natur vorhandene, äußerts logische Ordnung, die Leibnizsche prästabilierte Harmonie, außer acht gelassen habe (s. III/S. 168—169). In demselben Werk (Mein Weltbild) schreibt er in dem »Die Religiosität der Forschung« betitelten Abschnitt folgendes: »Der Forscher aber ist von der Kausalität alles Geschehens durchdrungen. *Die Zukunft ist ihm nicht minder notwendig und bestimmt wie die Vergangenheit...* Seine Religiosität liegt in dem verzückten Staunen über die *Harmonie der Naturgesetzlichkeit, in der sich eine so überlegene Vernunft offenbart*, daß alles Sinnvolle menschlichen Denkens und Anordnens dagegen ein gänzlich nichtiger Abglanz ist.« (S. III/S. 43. Hervorhebungen von mir! T. E.)

Dieser teleologische Standpunkt Einsteins steht in vollkommenem Einklang damit, was wir vorhin über die im voraus bestimmte Ausgeglichenheit der Veränderungen des feldfreien Raumes in Vergangenheit und Zukunft, als der organischen Konsequenz der Einsteinschen Konzeption festgestellt haben.

Die Unannehmbarkeit der Einsteinschen Konzeption wird in der allgemeinen Relativitätstheorie noch deutlicher. Die Diffraktion des Lichtstrahles bedeutet z. B. bei Einstein nicht das physikalische Wesen der Refraktion, die aus dem Zusammenhang zwischen der Lichtgeschwindigkeit und dem Gravitationspotential entsteht, sie stellt vielmehr die nicht-euklidische Geometrie des Kontinuums dar. Wenn auch die spezielle Relativitätstheorie bei Einstein bloß die Geometrie des feldfreien euklidischen Kontinuums darstellt, behandelt die allgemeine Relativitätstheorie die nichteuklidische Geometrie des Gravitations-Kontinuums. Die Physik verschwindet schließlich völlig aus der Einsteinschen Konzeption der *einheitlichen Feldtheorie*: Das physikalische Feld ist hier mit dem geometrischen Kontinuum, das über keine materiellen Quellen verfügt, bereits völlig identisch. Die Massen spielen hier nur mehr die Rolle von mathematischen Singularitäten, die aus den Feldgleichungen zu eliminieren sind, das Prinzip der Äquivalenz von Masse und Energie erfährt hingegen eine ganz irrige Auslegung im Sinne des Energetismus. Die organischen Konsequenzen dieser Konzeption sind die »fortwährende Kreation«, die »endliche, jedoch grenzenlose Welt« und die Verkündung sonstiger fideistischer Ansichten, als wären sie von der Wissenschaft bestätigt worden. In Wirklichkeit sind jedoch die aufgezählten Lehren Einsteins keine wissenschaftlichen Wahrheiten; sie stellen vielmehr idealistisch-philosophische Interpretationen physikalischer Fakten dar, ihre wissenschaftliche Erklärung kann nur von einem gegensätzlichen, also dialektisch-materialistischen Ausgangspunkt geschehen.

Der Kampf gegen den Fideismus fordert die klare Zurückweisung der im Gefolge Einsteins verbreiteten Methoden der physikalischen Forschung, die die mühsame, kollektive Arbeit der Beobachtungen, Messungen und der wissenschaftlichen Auswertung des so gewonnenen Materials unterschätzt und der deduktiven, spekulativen Physik einen weit vornehmeren Platz als

der unterschätzen »Ingenieurs- (oder induktiven) Physik« einräumt, deren Weiterentwicklung sie durch erhöhte Abstraktion und Subtilität des Begriffsystems erreichen will (s. III/S. 238—239). Die wirklichen Interessen der Entwicklung in der Wissenschaft erfordern in der Forschungsarbeit die Geltendmachung der organischen Einheit von Praxis und Theorie, und innerhalb der Theorie die Einheit der Induktion und Deduktion, d. h. die bewußte Anwendung der dialektisch-materialistischen Erkenntnistheorie!

Vom Gesichtspunkt der Weiterentwicklung und der atheistischen erzieherischen Wirkung der Naturwissenschaften aus betrachten wir die klar formulierte Ablehnung der Einsteinschen Konzeption als unerläßlich; dies bezieht sich auch auf die Ausarbeitung der dialektisch-materialistischen Interpretation der Relativitätstheorie.

Prof. Dr. Tibor ELEK, Budapest, XI. Múgyetem rkp. 3, Ungarn.