

# NOCHMALS: ZUR FRAGE DES PHILOSOPHISCHEN INHALTS DER RELATIVITÄTSTHEORIE

Von

T. ELEK

In den letzten Jahren kam es sowohl auf internationaler Ebene als auch in Ungarn selbst zu fruchtbaren Diskussionen über den philosophischen Inhalt der Relativitätstheorie, nachdem die Frage in der Sowjetunion in den Jahren 1948, 1952, 1954 und auch 1958 von Physikern und Philosophen eingehend erörtert worden war.

In den beiden ersten der erwähnten Diskussionen kam noch ziemlich spürbar die Hegemonie jener sektiererischen Richtung zur Geltung, als deren Hauptvertreter A. A. MAKSIMOW galt, der die Relativitätstheorie zu einer in Bausch und Bogen zu verwerfenden machistischen Lehrmeinung deklarierte. Die dritte Diskussion hingegen brachte eine entscheidende Wendung.

Die Ergebnisse dieser Diskussion wurden in einem in Nr. 1/1955 erschienenen redaktionellen Artikel der *Woprosi Filosofii* zusammengefaßt. In der Diskussion wurde Maksimows Standpunkt als irriige, nihilistische Auffassung bezeichnet und als solche verworfen. Die Zusammenfassung der Diskussionsergebnisse gelangte zu folgender Feststellung:

»Die materialistisch denkenden Physiker fassen die Gesetze der Relativitätstheorie als Widerspiegelung jenes objektiven, notwendigen Zusammenhangs zwischen materiellen Erscheinungen auf, der sich bei den der Lichtgeschwindigkeit ähnlichen Bewegungsgeschwindigkeiten erkennen läßt und der in den Dingen selbst unabhängig von jeder zwischen den Beobachtern über die Messungen zustande gekommenen Vereinbarung existiert.«

Die Publikation ließ auch darüber keinen Zweifel, daß sich diese Auffassung keineswegs mit der erkenntnistheoretischen Konzeption Einsteins deckt, die in der Tat zahlreiche machistische Züge trägt.

»In Wirklichkeit stellt diese Theorie konkret die wissenschaftliche Bestätigung des dialektisch-materialistischen Fundamentalsatzes vom Zusammenhang zwischen Materie, Raum und Zeit dar, weshalb es einer strengen Scheidung zwischen dem wissenschaftlichen Inhalt der Relativitätstheorie einerseits und deren Deutung in positivistischem Sinne andererseits bedarf, die häufig bei Einstein selbst, ganz besonders aber bei vielen seiner Anhänger anzutreffen ist.«

Abschließend unterstreicht die Publikation, die Diskussion habe einige wichtige Fragen noch offen gelassen, müsse also fortgesetzt werden, u. zw. in einer Weise, die es gestattet, die Gesetze der Relativitätstheorie konsequent materialistisch zu interpretieren.

Dem Aufruf folgte eine durchaus positive Reaktion, aus der besonders die Bestrebungen W. A. FOKS, A. D. ALEXANDROWS und L. JÁNOSYS hervorzuheben sind, die sich bemühten, die Relativitätstheorie auf materialistische Grundlagen zu stellen. Die Tatsache jedoch, daß jener Teil der soeben kurz umrissenen Publikation, der Einsteins erkenntnistheoretische Konzeption kritisiert, als Negativum lediglich die Gefahr der *machistischen* Tendenzen herausstellte, hat es — scheint mir —, Jahre lang verhindert, die Diskussion in die richtigen Bahnen zu lenken.

In seinem Artikel über »Die Bedeutung der Philosophie in der physikalischen Forschung« (Magyar Tudomány — Ungarische Wissenschaft — Heft 1/3/1956, ungarisch) weist L. Jánossy darauf hin, die Relativitätstheorie sei im Grunde genommen als die eine, aber keineswegs als die logisch einzig mögliche physikalische Interpretation des negativen Ergebnisses des Michelson—Morley-Versuches und anderer Experimente entstanden. Bekanntlich sollte dieser Versuch die Frage klarstellen, ob sich die Erde im Verhältnis zum Äther bewegt. Der Versuch zeitigte aber ein negatives Resultat: Der translatorische Bewegungszustand der Erde in bezug auf den Äther ließ sich weder auf optischem, noch auf mechanischem oder elektrodynamischem Wege nachweisen.

Dieses Versuchsergebnis kann aber auf verschiedene Art interpretiert werden. Die historisch erste Interpretation ist mit den Namen von LORENTZ und FITZGERALD verknüpft. Ihre Interpretation enthält folgende wesentliche Punkte:

I/1. Die Fortpflanzung des Lichtes ist nur in dem in bezug auf den Äther ruhenden System  $K_0$  isotrop, im System  $K_1$  hingegen, welches sich in bezug auf den Äther in einer mit gleichmäßiger Geschwindigkeit vor sich gehenden Translationsbewegung befindet, ist sie anisotrop, d. h. der in der Bewegungsrichtung sich fortpflanzende Lichtstrahl bewegt sich in bezug auf  $K_1$  mit der Geschwindigkeit  $(c - v)$ , der in der entgegengesetzten Richtung sich fortpflanzende Lichtstrahl dagegen mit der Geschwindigkeit  $(c + v)$  und schließlich der senkrecht auf die Bewegungsrichtung sich bewegende Lichtstrahl mit der Geschwindigkeit  $\sqrt{c^2 - v^2}$ .

I/2. Die in die Bewegungsrichtung fallende Längsabmessung eines Körpers, der sich in bezug auf das System  $K_0$  mit der Translationsgeschwindigkeit  $v$  bewegt, erfährt eine Verkürzung im Verhältnis von  $\sqrt{1 - v^2/c^2} : 1$ .

I/3. Die Dauer periodischer Bewegungserscheinungen in dem in bezug auf das System  $K_0$  mit der Translationsgeschwindigkeit  $v$  bewegten materiellen System  $Q$  erfährt eine Verlangsamung im Verhältnis von  $1 : \sqrt{1 - v^2/c^2}$ .

I/4. Nimmt man an, daß die Richtung der  $x$ -Achse mit der Richtung der Translationsbewegung des gegebenen materiellen Systems  $Q$  zusammenfällt, tritt zwischen zwei Uhren des Systems  $Q$ , zwischen denen in der Richtung  $x$  ein Abstand von  $\Delta x$  liegt, in bezug auf den Ruhezustand im System  $K_0$  eine Phasenverschiebung von

$$\Delta t = - \frac{v \cdot \Delta x}{c^2 - v^2} \quad (1)$$

auf.

Diese Annahmen bilden eine logisch widerspruchsfreie Interpretation des Michelson—Morley-Versuches.

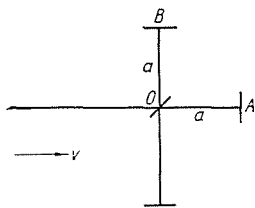


Abb. 1

Die Gleichung der aus dem 0-Punkt des Interferometers ausgehenden Lichtwelle im System  $K_0$  schreibt sich nämlich zu

$$x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2 = 0. \quad (2)$$

Da die Erdbewegung in den in Frage kommenden überaus kleinen Zeitspannen als Translation aufgefaßt werden kann, haben wir die Möglichkeit, vom Bezugssystem  $K_0$  auf das zusammen mit der Erde bewegte Bezugssystem  $K_1$  überzugehen, u. zw. auf Grund der Galilei-Transformation

$$x' = x - vt, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = t. \quad (3)$$

Für die Wellenoberfläche zum Zeitpunkt  $t'$  im Bezugssystem  $K_1$  gilt mithin die Gleichung

$$(x' + vt')^2 + (y')^2 + (z')^2 - c^2(t')^2 = 0. \quad (4)$$

Diese Gleichung beschreibt die Oberfläche einer Kugel, deren Mittelpunkt durch die Koordinaten

$$x'_0 = -vt', \quad y'_0 = 0, \quad z'_0 = 0 \quad (5)$$

definiert ist, während ihr Radius

$$r = ct'. \quad (6)$$

Im Bezugssystem  $K_1$  pflanzt sich somit das aus dem Punkt 0 ausgehende Lichtsignal in Form einer Kugelwelle fort, die mit der Geschwindigkeit  $v$  in Richtung der negativen Achse  $x'$  zurückweicht, während zugleich ihr Halbmesser mit der Geschwindigkeit  $c$  wächst, was tatsächlich als Anisotropie anzusprechen ist.

Betrachtet man nämlich die der  $x'$ -Achse entlang fortschreitenden Lichtsignale, wird in (4)

$$y' = z' = 0$$

und somit

$$x' + vt' = \pm ct',$$

das heißt

$$x'_1 = (c - v) t' \quad (7)$$

und

$$x'_2 = -(c + v) t', \quad (7a)$$

d. h. das Lichtsignal pflanzt sich der positiven  $x'$ -Achse entlang mit der Geschwindigkeit  $(c - v)$ , der negativen  $x'$ -Achse entlang hingegen mit der Geschwindigkeit  $(c + v)$  fort. Bei Betrachtung vom Bezugssystem  $K_0$  aus läßt sich die Erscheinung so beschreiben, daß sich ein vom 0-Punkt im Zeitpunkt  $t = 0$  ausgehendes Lichtsignal ganz unabhängig vom Bewegungszustand des Interferometers in Form einer um den Ausgangspunkt als Mittelpunkt gelegenen Kugelwelle fortpflanzt, deren Radius mit der Geschwindigkeit  $c$  wächst. Da sich nun aber der  $OA$ -Arm des Interferometers in der von ihm angezeigten Richtung mit der Geschwindigkeit  $v$  nach vorwärts bewegt, hat der mit ihm in gleicher Richtung fortschreitende Lichtstrahl in bezug auf das Interferometer ebenso die Geschwindigkeit  $(c - v)$  und der ihm gegenüber sich fortpflanzende Lichtstrahl in bezug auf das Interferometer ebenso die Geschwindigkeit  $(c + v)$ , wie dies in dem allgemein bekannten Beispiel der auf benachbarten Gleisen in gleicher bzw. in einander entgegengesetzter Richtung bewegten zwei Züge der Fall ist.

Was dagegen die den Achsen  $y'$  und  $z'$  entlang sich fortpflanzenden Lichtstrahlen anbelangt, gelten die Beziehungen

$$x' = z' = 0 \text{ und } y' = (\pm \sqrt{c^2 - v^2}) t', \quad (7b)$$

beziehungsweise

$$x' = y' = 0 \text{ und } z' = (\pm \sqrt{c^2 - v^2}) t'. \quad (7c)$$

Diese Lichtstrahlen pflanzen sich also mit der Geschwindigkeit  $\sqrt{c^2 - v^2}$  fort.

Zusammenfassend ist

$$|c_{+x'}| = c - v, |c_{-x'}| = c + v, |c_{y'}| = |c_{z'}| = \sqrt{c^2 - v^2} \quad (8)$$

Diese im Punkt I/1. weiter oben bereits angedeutete Anisotropie wird durch die Verkürzung des  $OA$ -Interferometerarmes gemäß Punkt I/2. ausgeglichen.

In welcher Zeit nun legt der aus Punkt 0 ausgehende Lichtstrahl die Strecken  $OAO$  und  $OBO$  im Bezugssystem  $K_0$  zurück? Hierfür gilt die Beziehung

$$(\Delta t)_{OAO} = (\Delta t)_{OBO} = \frac{2a}{c}. \quad (9)$$

Da im Bezugssystem  $K_1$

$$(OA)' = (AO)' = a \sqrt{1 - v^2/c^2} \quad (10)$$

und

$$(OB)' = (BO)' = a, \quad (10a)$$

schreiben sich die entsprechenden Zeitspannen zu

$$(\Delta t')_{OA} = \frac{(OA)'}{|c_{+x'}|} = \frac{a \sqrt{1 - v^2/c^2}}{c - v} \quad (10b)$$

$$(\Delta t')_{AO} = \frac{(AO)'}{|c_{-x'}|} = \frac{a \sqrt{1 - v^2/c^2}}{c + v} \quad (10c)$$

woraus also

$$(\Delta t')_{OAO} = a \sqrt{1 - v^2/c^2} \cdot \left( \frac{1}{c - v} + \frac{1}{c + v} \right) = \frac{2a}{\sqrt{c^2 - v^2}},$$

beziehungsweise

$$(\Delta t')_{OAO} = \frac{2a}{c \sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{(\Delta t)_{OAO}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad (11)$$

ferner

$$(\Delta t')_{OBO} = \frac{2 \cdot (OB)'}{|c_{y'}|} = \frac{2a}{\sqrt{c^2 - v^2}}$$

das heißt

$$(\Delta t')_{OBO} = \frac{2a}{c \sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{(\Delta t)_{OBO}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}. \quad (12)$$

Mit (9) hat man schließlich

$$(\Delta t')_{OAO} = (\Delta t')_{OBO} \quad (13)$$

oder mit anderen Worten, Lorentz und Fitzgerald haben tatsächlich eine geeignete Erklärung dafür gefunden, daß das im Interferometer erscheinende Interferenzbild trotz der durch die Gleichungen (8) ausgedrückten Anisotropie unverändert bleibt. Aus (11) und (12) geht ferner hervor, daß unter dem gemeinsamen Einfluß der in Punkt I/1 erwähnten Anisotropie und der Verkürzung gemäß Punkt I/2 die Fortpflanzung des Lichtstrahles auf den Strecken  $OAO$  und  $OBO$  als periodische Bewegungserscheinung in der Tat eine zeitliche Verlangsamung in dem in Punkt I/3 angegebenen Ausmaß erfährt.

Die Lorentz—Fitzgeraldsche Interpretation hatte zweifellos auch schwache Punkte. So verkörpert beispielsweise dieser Auffassung nach das Bezugssystem  $K_0$  im Grunde genommen die absolute Ruhe, die in Wirklichkeit nicht existiert. Eine Schwäche haftet ihr auch insofern an, als sie keine kausale Erklärung dafür gibt, warum es in dem in bezug auf das Koordinatensystem  $K_0$  mit der Translationsgeschwindigkeit  $v$  bewegten materiellen System zu räumlichen und zeitlichen Deformationen eben dieses Ausmaßes kommt. Andererseits ist es dieser Interpretation unbedingt als positiver Zug anzurechnen, daß sie die in Rede stehenden räumlichen und zeitlichen Deformationen sowie die Anisotropie der Lichtfortpflanzung als objektive und materielle Veränderungen ansieht.

Die historisch zweite, logisch gleichfalls widerspruchsfreie Interpretation des negativen Ergebnisses des Michelson—Morley-Versuches stammt von EINSTEIN. Ihre wesentlichen Punkte können folgendermaßen zusammengefaßt werden.

II/1. Es gibt keinerlei bevorzugtes Bezugssystem  $K_0$ , welches durch isotrope Lichtfortpflanzung ausgezeichnet wäre, weil sich das Licht in jedem Inerzsystem  $K$  isotrop ausbreitet. Diese Annahme oder besser, dieses Postulat bezieht sich ausdrücklich nur auf Inerzsysteme, d. h. also auf Systeme, zwischen denen Kraftwirkungen prinzipiell nicht auftreten können, besteht doch im Wirkungsfeld, z. B. im Gravitationsfeld keine Isotropie der Lichtfortpflanzung, weil die Lichtgeschwindigkeit eine Funktion des Gravitationspotentials darstellt.

II/2. Die Transformation zwischen den Inerzsystemen wird nicht durch die unter (3) angegebenen Galilei-Gleichungen, sondern durch die Lorentzschen Transformationsgleichungen

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad y' = y, \quad z' = z, \\ t' = \frac{t - vx/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (14)$$

angegeben.

Demnach sind nicht nur die Raum-, sondern auch die Zeitkoordinaten zu transformieren: Jedes Inerzsystem hat einen »eigenen Raum« und eine »eigene Zeit«, und es gibt weder eine absolute Ausdehnung, noch eine absolute Zeitdauer, ja selbst eine absolute Gleichzeitigkeit existiert nicht. Der Raum als dreidimensionales und die Zeit als eindimensionales Kontinuum bewegen und deformieren sich zusammen mit ihrem eigenen Inerzsystem. Die räumlichen und zeitlichen Deformationen, wie sie an physikalischen Systemen wahrgenommen werden, sind bloß Erscheinungsformen der Deformation ihres »eigenen Raumes« und ihrer »eigenen Zeit«.

II/3. Die physikalische Welt stellt ihrem Wesen nach ein vierdimensionales Raum-Zeit-Kontinuum dar. Als Elemente des Kontinuums sind die durch die Zahlenvierer  $(x, y, z, t)$  ausgedrückten »elementaren Ereignisse« anzusehen. Die innerste Wesenheit jeder physikalischen Erscheinung besteht in dem Zahlenvierer, der sich nach den für die Erscheinung kennzeichnenden Funktionen ändert. Im Falle von Inerz- ( $K$ -) Systemen, d. h. in den von der Gravitation und von jedweder Krafteinwirkung freien Bereichen des Kontinuums trägt die vierdimensionale »physikalische Welt« unveränderten, unbeweglichen, absoluten Charakter.

Das Raum-Zeit-Intervall der im Bezugssystem  $K$  durch die Zahlenvierer  $(x_1, y_1, z_1, t_1)$  und  $(x_2, y_2, z_2, t_2)$  angegebenen elementaren Ereignisse ist durch die Gleichung

$$s = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 - c^2 (t_2 - t_1)^2} \quad (15)$$

definiert, in der  $c$  die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum bedeutet. Beim Übergang auf ein anderes Inerzsystem  $K'$  ändern sich der Lorentz-Transformation gemäß die Koordinaten beider elementarer Ereignisse, ebenso die Größe der zwischen ihnen liegenden Raum- und Zeit-Intervalle, wogegen das Raum-Zeit-Intervall größtmäßig unverändert bleibt. Jene ausgesprochen positivistischen meßtechnischen Definitionen, die Einstein je separat für die Raum-Intervalle und für die Zeit-Intervalle angibt, spielen in der speziellen Relativitätstheorie eine ganz untergeordnete Rolle: Im Grunde genommen, bezwecken sie nur zu beweisen, daß die Abstraktion vom absoluten Raum-Zeit-Intervall mit den veränderlichen, relativen Ergebnissen der Messung der Raum- und Zeitintervalle im Einklang steht. Ohne Zweifel mißt jedoch Einstein dem absoluten Raum—Zeit-Kontinuum und ebenso den in ihm bewegten relativen Räumen und Zeiten sowie ihren Intervallen *objektiven* Charakter bei.

Ausgeschlossen ist auch jeder Zweifel darüber, daß Einsteins Annahmen gleichfalls eine logische widerspruchsfreie Interpretation des Michelson—Morley-Versuchs bilden. Seiner Interpretation zufolge weisen die Wege  $OAO$  und  $OBO$  des Lichtstrahles folgende drei wichtigere »elementare Ereignisse« auf:

$P_1$  bzw.  $R_1$ : Der Lichtstrahl geht vom  $O$ -Punkt in Richtung  $A$  bzw.  $B$  aus.

$P_2$  bzw.  $R_2$ : Der Lichtstrahl wird von den Spiegeln  $A$  bzw.  $B$  reflektiert.

$P_3$  bzw.  $R_3$ : Der Lichtstrahl trifft von  $A$  bzw.  $B$  neuerlich im  $O$ -Punkt ein.

Es sei nun mit  $K'$  das in bezug auf den Schwerpunkt des Sonnensystems in Ruhe befindliche Koordinatensystem und mit  $K$  dasjenige der Erde bezeichnet, das während des Ablaufs der Lichtfortpflanzung auf den Strecken  $OAO$  und  $OBO$  als Inerzsystem betrachtet werden kann. Es soll ferner keines der beiden Koordinatensysteme als bevorzugt gelten, vielmehr mit Einstein angenommen werden, daß sich das Licht in beiden Systemen nach allen Richtungen mit der Geschwindigkeit  $c$  fortpflanzt.

Die Koordinaten der in Rede stehenden elementaren Ereignisse im Bezugssystem  $K$  schreiben sich demnach zu

$$\left. \begin{array}{ll} P_1 (0, 0, 0, 0) & R_1 (0, 0, 0, 0) \\ P_2 \left( a, 0, 0, \frac{a}{c} \right) & R_2 \left( 0, a, 0, \frac{a}{c} \right) \\ P_3 \left( 0, 0, 0, \frac{2a}{c} \right) & R_3 \left( 0, 0, 0, \frac{2a}{c} \right), \end{array} \right\} \quad (16)$$

und die Zeit, in der die Strecken  $OAO$  und  $OBO$  im System  $K$  zurückgelegt werden, zu

$$(\Delta t)_{OAO} = (\Delta t)_{OBO} = \frac{2a}{c}. \quad (16a)$$

Bewegt sich die Erde in bezug auf den Schwerpunkt des Sonnensystems mit der Geschwindigkeit  $v$ , dann hat das Bezugssystem  $K'$  in bezug auf  $K$  die Geschwindigkeit  $-v$ . Die Gleichungen (14) der Lorentz-Transformation nehmen somit die Form

$$x' = \frac{x + vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \frac{t + vx/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (17)$$

an.

Dementsprechend ergeben sich für die obigen elementaren Ereignisse im Bezugssystem  $K'$  folgende Koordinaten:

$$\left. \begin{array}{ll} P'_1 (0, 0, 0, 0) & R'_1 (0, 0, 0, 0) \\ P'_2 \left( \frac{a(1 + v/c)}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, 0, 0, \frac{a/c(1 + v/c)}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \right) & R'_2 \left( \frac{a \cdot v/c}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, a, 0, \frac{a/c}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \right) \\ P'_3 \left( \frac{2a \cdot v/c}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, 0, 0, \frac{2a/c}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \right) & R'_3 \left( \frac{2a \cdot v/c}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, 0, 0, \frac{2a/c}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \right) \end{array} \right\} \quad (18)$$



Für die einzelnen Abschnitte der Strecke  $OAO$  in  $K'$  gelten die Beziehungen

$$(OA)' = |x'_2 - x'_1| = \frac{a(1 + v/c)}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = a \sqrt{\frac{c + v}{c - v}} \quad (19)$$

$$(AO)' = |x'_3 - x'_2| = \frac{a(1 - v/c)}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = a \sqrt{\frac{c - v}{c + v}}, \quad (20)$$

während sich die entsprechenden Zeitwerte zu

$$(\Delta t')_{OA} = t'_2 - t'_1 = \frac{(a/c)(1 + v/c)}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = (a/c) \sqrt{\frac{c + v}{c - v}} = \frac{(OA)'}{c} \quad (21)$$

$$(\Delta t')_{AO} = t'_3 - t'_2 = \frac{(a/c)(1 - v/c)}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = (a/c) \sqrt{\frac{c - v}{c + v}} = \frac{(AO)'}{c} \quad (22)$$

schreiben.

Mit (16a) erhält man schließlich für die Zurücklegung der Gesamtstrecke  $OAO$  im Bezugssystem  $K'$  die Zeit

$$(\Delta t')_{OAO} = t'_3 - t'_1 = \frac{2a/c}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{(\Delta t)_{OAO}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}. \quad (23)$$

Für die einzelnen Abschnitte der Strecke  $OBO$  in  $K'$  gelten demgegenüber die Beziehungen

$$(OB)' = \sqrt{\frac{a^2 \cdot v^2/c^2}{1 - v^2/c^2} + a^2} = \frac{a}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = (BO)' \quad (24)$$

und für die entsprechenden Zeitwerte die Gleichungen

$$(\Delta t')_{OB} = (\Delta t')_{BO} = \frac{a/c}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{(OB)'}{c} = \frac{(BO)'}{c} \quad (25)$$

und schließlich

$$(\Delta t')_{OBO} = \frac{2a/c}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{(\Delta t)_{OBO}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (26)$$

bzw. wieder

$$(\Delta t')_{OAO} = (\Delta t')_{OBO}. \quad (27)$$

Das unveränderte Interferenzbild war also auch durch Einsteins Interpretation erklärt. Außer auf die Identität der Teilergebnisse gemäß (10b) und (21), (10c) und (22), (11) und (23) bzw. (12) und (26) sowie der Endergebnisse gemäß (13) und (27), muß auch auf jenen wesentlichen Unterschied hingewiesen werden, daß der Interferometerarm  $OA$  in der Lorentz—Fitzgeraldschen Deutung im Sinne von (10) seine veränderte Länge unabhängig davon beibehält, ob sich das Licht in gleicher oder entgegengesetzter Richtung zu ihm fortpflanzt, während seine Länge in der Einsteinschen Interpretation den Gleichungen (1) und (20) gemäß von der Fortpflanzungsrichtung keineswegs unabhängig ist. In der ersten Interpretation erfährt der Interferometerarm  $OA$  in bezug auf das System  $K_0$  bei einer Geschwindigkeit  $v$  in bezug auf seine eigene »Ruheabmessung« eine Verkürzung im Verhältnis von  $\sqrt{1 - v^2/c^2} : 1$ . In der zweiten Interpretation hingegen produziert der Interferometerarm eine Verlängerung des mit ihm in gleicher Richtung sich fortpflanzenden Lichtstrahles im Verhältnis von  $\sqrt{(c + v)/(c - v)} : 1$  bzw. eine Verkürzung des ihm entgegengesetzten Lichtstrahles im Verhältnis von  $\sqrt{(c - v)/(c + v)} : 1$ , wobei in seinem eigenen Bewegungszustand keinerlei Veränderung eintritt. Trotzdem also mathematisch die Gleichung

$$\frac{a\sqrt{1 - v^2/c^2}}{c - v} + \frac{a\sqrt{1 - v^2/c^2}}{c + v} = \frac{a\sqrt{(c + v)/(c - v)}}{c} + \frac{a\sqrt{(c - v)/(c + v)}}{c} \quad (28)$$

zu Recht besteht, hat ihre linke Seite *physikalisch* eine ganz andere Bedeutung als ihre rechte Seite.

Der Michelson—Morley-Versuch bekräftigt natürlich die eine Interpretation ebenso wie die andere, weshalb man sich denn auch keineswegs der Argumentation anschließen kann, die *Physik* sei es, die die Richtigkeit der Einsteinschen Auffassung unwiderlegbar beweise. Wer diese ablehnt und statt dessen die Interpretation laut Lorentz—Fitzgerald akzeptiert, stellt sich — dies geht aus den bisherigen Ausführungen klar hervor —, keineswegs in Gegensatz zu den Tatsachen der *Physik*.

In seinem bereits zitierten Artikel über »*Die Bedeutung der Philosophie in der physikalischen Forschung*« stellt L. Jánossy zutreffend fest, die Wahl zwischen den beiden Auffassungen sei eine Frage der *philosophischen* Stellungnahme. Die Auffassung von Lorentz und Fitzgerald bezeichnet er als ihrem Wesen nach materialistisch, Einsteins Auffassung hingegen als eine ihrem Wesen nach subjektiv idealistische, positivistische Konzeption, woraus er die Schlußfolgerung zieht, unter solchen Umständen müsse die Auffassung Lorentz' und Fitzgeralds weiterentwickelt werden, indem man aus ihr die mechanischen Vorstellungen, wie etwa den Begriff des absolut unbewegten Äthers ausklammert, während Einsteins Auffassung zu verwerfen sei.

»Für Einstein stellt sich die Frage im allgemeinen nicht so: 'Was geschieht mit einem Körper, wenn man ihn beschleunigt, und welche Veränderung erfährt er als Folge der Beschleunigung?' ,vielmehr fragt er: 'Was sieht der Beobachter und was sehen die mit bezug auf den Gegenstand in verschiedenen Bewegungszuständen befindlichen Beobachter?' Der Unterschied zwischen Lorentz und Einstein läßt sich etwa so formulieren: Lorentz untersucht die Eigenschaften des Gegenstandes physikalisch, Einstein begnügt sich damit, die Rolle des Beobachters zu analysieren.« (S. 17.)

Im weiteren führt Jánossy aus, das in bezug auf den Schwerpunkt unseres Sonnensystems im Ruhezustand befindliche Koordinatensystem sei durch die Fixsterne der uns umgebenden Welt vor anderen Bezugssystemen bevorzugt. Er beruft sich hierbei auf jenen die Problematik der allgemeinen Relativitätstheorie tangierenden Satz von Mach, die in einem rotierenden System auftretende Fliehkraft könne als Reaktion der Fixsterne aufgefaßt werden. Ähnlich erklärt Jánossy auch die Lorentz-Kontraktion des in Bewegung versetzten Körpers mit der Rückwirkung der Fixsterne, wobei er die Hypothese aufstellt, die bindenden Kräfte zwischen den Atomen des festen Körpers, die von dem die Himmelskörper umgebenden Gravitationsfeld getragen werden, breiteten sich mit der Geschwindigkeit des Lichtes aus, weil sie ihrem Wesen nach elektromagnetischer Natur sind. Ausdrücklich betont er, daß es sich bei dieser Hypothese keineswegs um eine »ad hoc«-Annahme handelt, daß sie vielmehr mit der modernen Atomtheorie in vollem Einklang steht. Der feste Körper kann nämlich heute nicht mehr als eine von ihrer stofflichen Struktur abstrahierte, geometrisierte, starre Formation angesehen werden, wie dies Michelson und Morley bei ihrem Interferometer raten, im Gegenteil: Heute wissen wir, daß der feste Körper eine Vielzahl von Atomen darstellt, die sich in einem Zustand befinden, der dem dynamischen Gleichgewicht der zwischen ihnen wirksamen Kräfte entspricht, und daß sich dieser Zustand mit objektiver Zwangsläufigkeit ändern muß, sobald der feste Körper eine Beschleunigung erfährt.

Jánossys Theorie hat sowohl in heimischen als auch in internationalen Kreisen lebhaften Widerhall gefunden. Unter den ungarischen Interpretatoren Einsteins halten viele steif an den machistischen Zügen der Relativitätstheorie fest und lehnen auf dieser Grundlage Jánossys Ansichten ab. Während sie Einstein glorifizieren, werden sie nicht gewahr, daß sich ihre Auffassung, sofern man ihr auf den innersten Grund blickt, in keiner Weise mit der innersten Wesenheit der Auffassung Einsteins deckt.

So behauptet beispielsweise K. NOVOBÁTZKY, im Zusammenhang mit der Verkürzung des bewegten Stabes, die »*Relativitätstheorie wisse von keiner wie immer gearteten objektiven Änderung*« (vgl. seinen Artikel »Physik und Philosophie«, Magyar Tudomány — Ungarische Wissenschaft — Heft 7—12/1956, ungarisch, p. 396). Novobátczky befindet sich damit in einem verhäng-

nisvollen Irrtum. In der Einsteinschen Theorie besteht zwischen Raum—Zeit-Kontinuum und dem eigenen Raum bzw. der eigenen Zeit der einzelnen Bezugssysteme eine *objektive*, aber keine *materielle* Beziehung. Der speziellen Relativitätstheorie zufolge ist die Unveränderlichkeit des Raum-Zeit-Intervalls zweier »elementarer Ereignisse« und die Veränderlichkeit des Raum- und des Zeitintervalls zwischen ihnen von jedem Beobachter unabhängig und objektiv und kommt eben nur infolge materieller Zusammenhänge nicht zustande. Nach Einstein treten die relativistischen Effekte *objektiv* auf, doch spielt sich dieses objektive Auftreten primär im dematerialisierten, seiner Natur nach geistigen Kontinuum ab, was das Auftreten des relativistischen Effektes, wie er sich an physikalischen Objekten zeigt, nur sekundär zur Folge hat.

Einstein zufolge bleibt es gleich, aus welchem Stoff der Arm  $OA$  des Interferometers besteht, welche inneren Kräfte seine Atome in Gleichgewicht halten, welche äußeren Kräfte ihn in den augenblicklichen Bewegungszustand gebracht haben und welchen physikalischen Objekten gegenüber die Bewegung vor sich geht. Der relativistische Effekt macht sich nach Einstein im Grunde genommen nicht auf dem Interferometerarm  $OA$  als *materiellem System* geltend, sondern in der *Fortpflanzung des Lichtstrahls*, der den Weg  $OA$  zurücklegt, als kontinuierlicher Mannigfaltigkeit »elementarer Ereignisse«, d. h. *veränderlicher Zahlenvierer*. Die relativistischen Effekte gelangen also am dematerialisierten *Raumintervall*  $OA$ , sodann am *Raumintervall*  $AO$ , ferner auf dem *Zeitintervall*  $(\Delta t)_{OA}$  zur Wirkung, und die Deformation des Raumintervalls  $OA$  ist durchaus nicht gleich der Deformation des Raumintervalls  $AO$ , trotzdem sich  $OA$  und  $AO$  im nämlichen Bewegungszustand befinden. Das Raumintervall  $OA$  und das Zeitintervall  $(\Delta t)_{OA}$  stellen jedoch das Raum-Zeit-Intervall  $P_1 P_2$  dar, das Raumintervall  $AO$  und das Zeitintervall  $(\Delta t)_{AO}$  hingegen ein zweites Raum-Zeit-Intervall  $P_2 P_3$ . *Nach Auffassung Einsteins handelt es sich also um objektive, aber nicht materielle Effekte.* K. Novobátsky vertritt demgegenüber die Ansicht, ein relativistischer Effekt spiele sich objektiv gar nicht ab, vielmehr könne lediglich vom Unterschied in den subjektiven Wahrnehmungen der in unterschiedlichen Bewegungszuständen befindlichen Beobachtern die Rede sein. »*Die Körper haben keinerlei immanente Eigenschaft, die sich ohne Messung auch nur deuten ließe*«, erklärte K. Novobátsky in seiner Gedenkrede anlässlich des Hinscheidens von Einstein (K. Novobátsky: Die Bahnbrecher der physikalischen Erkenntnis, Verlag d. Ung. Ak. d. Wissenschaften 1959, ungarisch, p. 65), um hinzuzufügen: »*Da es ohne Messung keine 'wirkliche' Länge gibt, ist das Ergebnis der Messung natürlich eine Realität.*« (Ebenda, p. 66.) Novobátsky nimmt offenbar nicht wahr, daß er sich mit der Subjektivierung der relativistischen Effekte eigentlich den subjektiven Idealismus eines Berkeley und eines Mach sowie die Lehren Avenarius' über die prinzipielle Koordination von Mensch und Natur zu eigen gemacht hat.

Die Polemik zwischen Jánossy und Novobátzky konzentriert sich dergestalt im Grunde genommen auf die Frage, ob die relativistischen Effekte objektiver oder subjektiver Natur sind. Jánossy mißt ihnen *objektiven*, Novobátzky *subjektiven* Charakter bei. Jánossy lehnt Einsteins Auffassung deshalb ab, und Novobátzky schließt sich ihr deshalb an, weil sie beide in Einstein den Positivisten erblicken, doch scheint mir diese Ansicht die eigentliche Hauptfrage und die Notwendigkeit einer entschiedenen Stellungnahme in dieser Frage einigermaßen zu verschleiern. In der Hauptfrage der Philosophie hat nämlich ein Physiker in sich *in erster Linie* nicht das Dilemma zu entscheiden, ob eine physikalische Veränderung *objektiver oder subjektiver* Natur ist, sondern darüber, ob sie *materiellen oder ideellen* Charakter trägt. Wer in seiner Stellungnahme einer gegebenen physikalischen Veränderung *subjektiven* Charakter beimißt, hat natürlich auch in dem Sinne Stellung bezogen, daß er die betreffende Veränderung für *ideell* hält; damit hat er sich aber zugleich für den Idealismus, u. zw. für den subjektiven Idealismus ausgesprochen. In der erwähnten Auseinandersetzung tat K. Novobátzky eben das.

Wer aber in dem Sinne Stellung nimmt, daß es sich bei der gegenständlichen physikalischen Änderung um einen *objektiven*, von jedem Beobachter unabhängigen Vorgang handelt, hat noch die Möglichkeit, *zwischen Materialismus und objektivem Idealismus zu wählen*, d. h. sich für die Anerkennung eines vom menschlichen Bewußtsein unabhängigen *ideellen Dasein* und der in diesem vor sich gehenden *ideellen Veränderungen* zu entscheiden. Zweifellos hat sich Jánossy in der in Rede stehenden Diskussion nach Art eines Materialisten für den *objektiven und materiellen Charakter* der relativistischen Effekte entschieden, in unmißverständlicher Stellungnahme hat er jedoch seinen eigenen Standpunkt von der Auffassung Einsteins damals erst in einer Nebenfrage distanziert, nämlich in der Frage des objektiven oder subjektiven Charakters der Veränderungen, nicht aber in der Hauptsache, in der Frage der materiellen oder der ideellen Wesenheit.

Damit aber hat er Anlaß zur Polemik seines Standpunktes auch von seiten jener gegeben, die Einstein für einen instinktiven Materialisten halten, wie etwa A. D. ALEXANDROW, der Jánossys Auffassung kategorisch verwirft. Seine Ansichten hierüber führte er u. a. auf jener Moskauer Allunionskonferenz im Oktober 1958 aus, auf der die philosophischen Fragen der Naturwissenschaften zur Diskussion standen. A. D. ALEXANDROW, aber auch andere sowjetische Gelehrte, wie etwa M. E. OMELJANOWSKI, W. A. FOK und andere, vertreten die Ansicht, Einsteins *Konzeption sei im Grunde genommen materialistisch*, doch sei sie — nicht zuletzt aus dem eigenen Verschulden Einsteins — der Gefahr einer *positivistischen Deutung* ausgesetzt. Aus diesem Grunde bestehe die Hauptaufgabe darin, jene Verzweigungen der Theorie abzuschneiden und ungangbar zu machen, die zum Positivismus verleiten, keinesfalls dürfe man aber an dem für materialistisch gehaltenen Wesen der Theorie ändern.

In einer Studie über Einsteins erkenntnistheoretische Konzeption und über den philosophischen Inhalt der Relativitätstheorie (*Periodica Polytechnica*, Maschinen- und Bauwesen, Vol. 5. No. 3., Budapest, 1961) habe ich — im Gegensatz zu dieser Auffassung — nachgewiesen, daß Einstein weder ein machistischer, noch ein naiv materialistischer Denker war. Wenn er auch — und zwar in nicht geringem Maße — unter dem Einfluß Humescher und Machscher Gedankengänge gestanden hat, so war er in der Philosophie in entscheidender Weise ein Jünger Descartes', Spinozas und Leibniz'. Am treffendsten kann seine Konzeption als »pantheistischer Rationalismus« bezeichnet werden, worunter eine recht konsequent zur Geltung gebrachte objektiv idealistische Auffassung und eine stellenweise nahe an die Religion heranreichende Mystifikation zu verstehen ist. Einstein sieht in jeder Naturerscheinung die Manifestation einer Harmonie schaffenden »Weltvernunft« und erklärt mit dieser auch die Erfolge der menschlichen Erkenntnis und der Wissenschaft. Auch zwischen der physikalischen Realität und der Wissenschaft muß eine »prästabilisierte Harmonie« bestehen. Er selbst nennt diese Auffassung die »kosmische Religion«.

Äußerst interessant wäre es, zu ergründen, wie sich Einsteins objektiv idealistische Weltanschauung in der subjektiv idealistischen, für das geistige Leben um die Jahrhundertwende so überaus charakteristischen Atmosphäre ausgebildet hat. Wir dürften nicht fehlgehen in der Annahme, daß es die Anerkennung der objektiven Existenz der »physikalischen Welt«, sowie die Anerkennung des objektiven Ursprungs unserer Raum- und Zeitbegriffe und des objektiven Inhalts des Kausalprinzips war, die Einstein sich gegen den subjektiven Idealismus wenden ließen. Während er sich mit der Entwicklung des Raumbegriffes befaßt, wird seine Aufmerksamkeit vor allem durch die Gedankengänge Pythagoras', Descartes', Spinozas, Leibniz' und Newtons angeregt. Aus ihnen schöpft er die Idee von der primären, objektiv ideellen Existenz der das Kontinuum beherrschenden mathematischen Harmonie, der »Weltvernunft«, und die Idee von der sekundären, untergeordneten Bedeutung der durch diese bestimmten physikalischen Erscheinungen. Auch ist die Vermutung nicht von der Hand zu weisen, daß Einstein weitgehend unter dem Einfluß Platonischer und Hegelscher Ideen stand. Zweifellos ist Einsteins Kontinuum-Begriff nahe verwandt mit Hegels »absolutem Geist«, der — sich selbst entfremdet —, die im Raum existente Natur zustande bringt, während diese gleiche Natur auch in ihren quantitativen Beziehungen die von ihr unabhängige Idee verwirklicht.

Als wichtigen Umstand möchte ich erwähnen, daß Heisenberg in seinem Vortrag anlässlich des Planck-Zentenariums 1958 die vom Mechanismus zum objektiven Idealismus tendierende Entwicklung seiner philosophischen Ansichten nicht nur unter Berufung auf die Platonische objektive mathematische Symmetrie begründete, daß er sich vielmehr auch auf Hegel und Einstein

bezog, u. zw. *in ein und demselben* Sinne. Bedauerlicherweise aber sind eben diese Teile der Heisenbergschen Vorträge aus dem in den »Woprosi Filosofii« wiedergegebenen gekürzten Text ausgeblieben und auch die Replik von Kuznezow geht auf diese Einzelheiten nicht ein.

In einem dieser vernachlässigten Teile seines Vortrages führt Heisenberg aus, mit Einstein hoffe auch er, daß es möglich sein werde, die physikalischen Gesetze als Folge einfacher mathematischer Strukturen abzuleiten. »Das Nebeneinander verschiedener, scheinbar unabhängiger Kraftfeldarten war schon seit dem Entstehen der Einsteinschen Gravitationstheorie als unbefriedigend empfunden worden. Als Kraftfelder waren den Physikern seit langer Zeit eben das Gravitations- oder Schwerefeld und die elektromagnetischen Kräfte bekannt. Dazu kamen in unserem Jahrhundert die Materiewellen, die man auch als Kraftfelder der chemischen Bindung bezeichnen kann, schließlich die vielen verschiedenen Wellenfelder, die den verschiedenen, in den letzten Jahrzehnten entdeckten Elementarteilchen im Sinne der Quantentheorie zugeordnet sind. *Einstein hatte die Hoffnung, man werde alle diese Kraftfelder als Aussagen über die von Ort zu Ort variierende geometrische Struktur des Raumes und der Zeit auffassen* und durch die Beziehung zwischen Geometrie und Materie auf eine gemeinsame Wurzel zurückführen können. *Bei diesem Versuch betrachtete Einstein die in der allgemeinen Relativitätstheorie versuchte Deutung des Gravitationsfeldes durch eine ortsabhängige Geometrie als grundlegend*, während er die von Planck aufgedeckten quantentheoretischen Gesetzmäßigkeiten als sekundär empfand. Die ganz andersartige mathematische Formulierung der Planckschen Quantentheorie, über die nachher noch gesprochen werden muß, *konnte Einstein nicht als endgültig anerkennen, da sie seinen philosophischen Vorstellungen von der Aufgabe der exakten Naturwissenschaften nicht entsprach. Er empfand es als unbefriedigend, wenn die Naturgesetze sich nicht auf die objektiven Vorgänge, sondern auf die Möglichkeit, auf die Wahrscheinlichkeit solcher Vorgänge beziehen sollten.*« (W. Heisenberg: Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft, Stuttgart 1959, pp. 167, 168. Die Hervorhebungen stammen vom Verfasser.)

Unter den nicht zitierten Teilen des Heisenberg-Vortrages gibt es noch drei, die kurz erwähnt werden müssen. In dem einen Fall erklärt Heisenberg, die neue Deutung der Quantentheorie messe dem Kantschen Apriorismus nur noch relative Bedeutung bei, da sie die a-priori-Begriffe nicht mehr für die unveränderlichen Grundlagen der Naturwissenschaft halte (ebenda, p. 171). An einer anderen Stelle bemerkt Heisenberg, die neue erkenntnistheoretische Analyse der Quantentheorie verweise, besonders bei Bohr, nicht mehr auf Platon allein, sondern erinnere auch an einzelne Züge der Hegelschen philosophischen Methode (ebenda, p. 172). Zum dritten schließlich ist Heisenberg bemüht, zu beweisen, die physikalische Welt sei durch die von Platon hervorgehobenen objektiven mathematischen Symmetrieeigenschaften gekenn-

zeichnet, um schließlich als entscheidendes Beispiel hierfür eben die Lorentz-schen Transformationsgleichungen anzuführen (p. 181).

Meines Erachtens war es nicht richtig, einige — eben philosophisch wichtige — Teile eines Textes nicht zu zitieren und unbeantwortet zu lassen, die aus der Feder eines hervorragenden Vertreters der modernen Physik stammen, und dies in einer Zeit, da sich in den Gefilden des physikalischen Idealismus die objektiv-idealistisch-fideistische Richtung — eben unter Berufung auf Einstein — mit zunehmend lauter Stimme vernehmen läßt. Heisenberg spricht es offen aus, daß es für Einstein die ideelle Wesenheit, die objektive mathematische Symmetrie des Kontinuums ist, die er für das primär Gegebene hält, und daß die Physik der einzelnen Kraftfelder für ihn nicht mehr bedeutet als den einen oder den anderen Abschnitt der Geometrie des Kontinuums. In der neuen Deutung der Quantentheorie suchen Bohr und auch Heisenberg die objektive mathematische Symmetrie und die primäre ideelle Wesenheit der Welt unter unmißverständlicher Berufung eben auf Platon, Hegel und Einstein. Sie befinden sich damit in einem Lager mit P. G. A. Wetter S. J., P. Wolfgang Büchel S. J., mit Pius XII. und all den anderen neotomistischen »Naturphilosophen«.

In der jüngsten Zeit haben die »Woprosi Filosofii« ihre Spalten in zunehmendem Umfang dem Streit der Meinung geöffnet. So publizierten sie einen in den Physikalischen Blättern erschienenen Kommentar F. HERNECKS zu einem Brief Einsteins an Mach sowie die Bemerkungen M. E. Omeljanowskis zu diesem Kommentar. Weiters enthielt die Zeitschrift eine eingehende Erörterung jener Diskussion, die um E. E. Manejews Buch über den philosophischen Inhalt der Relativitätstheorie veranstaltet wurde, und schließlich brachte sie im Wortlaut auch L. Jánossys Abhandlung »Philosophische Bemerkungen zur speziellen Relativitätstheorie«.

Die Diskussion beschränkt sich aber noch immer lediglich auf die Frage, ob die relativistischen Effekte in Einsteins Theorie *objektiver* oder *subjektiver* Natur sind, und läßt die philosophische Hauptfrage nach ihrem *ideellen* oder *materiellen* Charakter unberührt. Mit anderen Worten handelt es sich also darum, ob Einsteins mathematischer Apparat *materielle* physikalische Veränderungen und deren räumliche und zeitliche Beziehungen widerspiegelt, oder ob er umgekehrt ein von jeder Erkenntnis unabhängiges *Ideelles*, eine Art objektiver Idee des Kontinuums, eine Geometrie ausdrückt, die unter den Parametern der physikalischen Vorgänge »prästabilisierte« Zusammenhänge vorschreibt.

In dieser Frage vertreten L. JÁNOSY, scheinbar jedoch auch A. D. ALEXANDROW und W. A. FOK den materialistischen Standpunkt, daß nämlich der mathematische Apparat der Relativitätstheorie und konkret besonders die Lorentz-schen Transformationsgleichungen die räumlichen und zeitlichen Zusammenhänge materieller physikalischer Veränderungen zum Ausdruck



bringen. A. D. Alexandrow und W. A. Fok behalten jedoch die Einsteinsche Interpretation der Lorentz-Transformation bei, und dies prägt ihrer Auffassung trotz jeder materialistischen Deklaration den Stempel des objektiven Idealismus auf. Keineswegs kann dieser Versuch, Materialismus und Idealismus auf einen Nenner zu bringen und den zwischen ihnen bestehenden Gegensatz zu verwischen, akzeptiert werden!

Auf der Moskauer Konferenz über die philosophischen Fragen der Naturwissenschaft im Oktober 1958 hielt A. D. Alexandrow einen Vortrag unter dem Titel: »Der philosophische Inhalt und die Bedeutung der Relativitätstheorie« (»Die philosophischen Probleme der modernen Naturwissenschaften«, Verlag d. Ung. Ak. d. Wissenschaften, 1962, ungarisch, S. 120—163).

Zunächst wollen wir einige Feststellungen A. D. Alexandrows zitieren: »Die elementaren Vorstellungen der Erfahrung und Theorie beweisen, daß sich aus jedem Körper in jedem Augenblick elektromagnetische Störungen ausbreiten. Jede auch noch so geringe Perturbation verursacht eine Verlagerung der Ladungen und zieht entsprechende Strahlungen nach sich. Aus diesem Grunde treten die elektromagnetischen Signale ständig von jedem Körper über und dringen auf irgend eine Weise überall ein, wodurch sie zwischen den Körpern und deren Teilen materielle Verbindungen und — wenn auch unbedeutend kleine — Wechselwirkungen hervorrufen.« (Ebenda, pp. 144/145.) — »Die bekannte, von Einstein stammende Definition der Gleichzeitigkeit räumlich voneinander getrennter Ereignisse beruht auf der Aussendung, Reflexion und auf dem neuerlichen Empfang elektromagnetischer Signale. All diese Prozesse gehen ständig auf natürlichem Wege vor sich... Aus diesem Grunde stellt die Koordination der Körper und Vorgänge in bezug auf einen gegebenen Körper eine objektive Tatsache dar, und in weiterer Folge ist das mit dem Körper verknüpfte Bezugssystem in vollem Umfang real und realisiert sich materiell mit dem Austausch der kontinuierlich erfolgenden Signale und mit dem Strahlungsfeld... Auf diese Weise verwirklicht das Strahlungsfeld die materiellen Zusammenhänge zwischen Körpern und Vorgängen. Diese Zusammenhänge sind es, die die zeitliche und räumliche Koordination der Körper und Vorgänge determinieren, während die Struktur des Strahlungsfeldes die allgemeine Struktur der raumzeitlichen Beziehungen bestimmt. Es erübrigt sich nun noch, diese von ihrem konkreten materiellen Inhalt zu abstrahieren, um den Raum-Zeitbegriff in seiner abstrakten Form zu erhalten... Die raumzeitlichen Beziehungen lassen sich ebenso wie die Eigenheiten des Raum—Zeit-Kontinuums durch ihre materielle Wechselwirkung zur Gänze bestimmen. Kurz zusammengefaßt, erhält man damit ein anschauliches Bild, welches der modernen Physik voll entspricht, weil es jenen allgemeinen Satz verwirklicht, daß Raum-Zeit eine Existenzform der Materie darstellt.« (Ebenda, pp. 148/149.)

Auf diese Ausführungen A. D. Alexandrows ist zunächst zu erwidern, daß es sich um seine und nicht um Einsteins Konzeption handelt. Für Einstein

nämlich ist das elektromagnetische Feld keine materielle Erscheinung, sondern eine Funktion des leeren Raumes (A. Einstein: Mein Weltbild, Amsterdam 1934, p. 204) oder noch eher eine Existenzform des euklidischen Raum—Zeit-Kontinuums. Behauptet also Alexandrow, Raum-Zeit seien eine Existenzform der Materie, dann macht er eine Aussage, die Einstein widerspricht, bzw. dann versucht er, Einsteins objektiv idealistische Konzeption vom Kopf auf die Beine zu stellen.

A. D. Alexandrow behauptet, hierzu genüge es, den logischen Gedankengang der Darlegung umzukehren und nicht vom Relativen zum Absoluten fortzuschreiten, wie dies Einstein tut, sondern umgekehrt vom Absoluten zum Relativen, vom objektiv absoluten, die unveränderliche Wesenheit ausdrückenden Raum-Zeit-Intervall dem objektiv relativen, veränderlichen Raumintervall und Zeitintervall zuzustreben. Zweifellos wird eine Verfolgung des Gedankenganges in dieser Richtung Klarheit darüber schaffen, daß es nicht die positivistischen Züge sind, die das Wesen der speziellen Relativitätstheorie ausmachen, verwirft doch Einstein selbst beispielsweise schon im Falle des Raum-Zeit-Intervalls die Forderung der unmittelbaren Meßbarkeit, auch wenn er hierbei wieder nicht auf dem Boden des Materialisten, sondern auf dem des objektiven Idealisten steht. Einstein ist völlig klar darüber, daß der Begriff des Intervalls in der Relativitätstheorie unmittelbar keine wie immer geartete *materielle* Wirklichkeit ausdrückt, daß also die Forderung nach Meßbarkeit auch sinnlos wäre.

Einsteins spezielle Relativitätstheorie postuliert einfach die mit konstanter, jedoch unterschiedlicher Geschwindigkeit vor sich gehende Bewegung der Inerzsysteme in einem *gravitationslosen* Kontinuum, wobei sie großzügig die Frage umgeht, wie diese verschiedenen großen, konstanten Geschwindigkeiten ohne dynamische, beschleunigende Materielle Kräfteinwirkungen, die in diesem gravitationslosen Kontinuum *grundsätzlich* gar nicht auftreten können, dennoch zustande kommen sollten. Kein Zweifel, daß sich schon in diesem grundlegenden Ausgangspunkt der speziellen Relativitätstheorie der schädliche Einfluß des philosophischen Idealismus ihres Schöpfers auch auf ihren *physikalischen* Inhalt selbst geltend macht.

Prüft nämlich ein *Physiker* die mit *unterschiedlicher Geschwindigkeit* vor sich gehende Bewegung zweier Körper in bezug auf einen dritten, dann muß er sich darüber klar sein, daß es sich hier keineswegs um eine gravitationslose, oder genauer, um eine beschleunigungslose Erscheinung handeln kann, *weil die unterschiedlichen Geschwindigkeiten nur eine Folge der Verschiedenheit der materiellen Wechselwirkungen sein können*. Es ist einfach ausgeschlossen, die Abstraktion des »sich selbst überlassenen Massenpunktes« auf derartige Erscheinungen anzuwenden. Selbstverständlich bezieht sich diese Feststellung nicht nur auf die mit verschiedenen Geschwindigkeiten vor sich gehende Bewegung zweier Körper in bezug auf einen dritten, sondern auch auf zwei

unterschiedliche Bewegungszustände ein und desselben Körpers in bezug auf einen anderen. Einstein erklärt aber die relativistischen Effekte mit »vorweg bestimmten« mathematischen Transformationen, wobei er ohne Berücksichtigung der materiellen Wirkungen »vorweg gegebene« Geschwindigkeitsunterschiede annimmt. Offenbar trägt also diese Theorie auch in ihren *physikalischen* Aussagen das Gepräge des *philosophischen Idealismus* ihres Schöpfers an sich.

Im Jahre 1961 war der philosophische Inhalt der Relativitätstheorie Gegenstand fruchtbarer Diskussionen im Philosophischen Institut der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, an der Budapester Technischen Universität, gelegentlich der von der Physikalischen Gesellschaft »Loránd Eötvös« veranstalteten Wandertagung der Physiker in Pécs und an der Fakultät für Naturwissenschaften der Eötvös Loránd-Universität in Budapest. In diesen Diskussionen vertrat ich die Ansicht, daß die Einsteinschen Begriffe vom Raum-Zeit-Intervall und vom Raum-Zeit-Kontinuum, die auch von A. D. Alexandrow und von W. A. Fok adoptiert wurden, geometrische Abstraktionen ohne jeden positiven physikalischen Inhalt darstellen. Diese meine Ausführungen habe ich auch in Nr. 3/1961 der *Periodica Polytechnica* (Maschinen- und Bauwesen) publiziert.

Der Satz von der Verkürzung des bewegten Stabes und von der Verlangsamung des Ganges der mitbewegten Uhr erfährt in Einsteins Konzeption eine Umwandlung in dem Sinne, daß im gravitationslosen vierdimensionalen euklidischen Raum-Zeit-Kontinuum zwischen zwei elementaren Ereignissen das Raum-Zeit-Intervall unverändert bleibt, daß es jedoch auf andere Inertssysteme jeweils unterschiedlich große Raumintervalle und Zeitintervalle projiziert.

*Der Begriff des Raum-Zeit-Kontinuums ist demnach bei Einstein eine bis an den Mystizismus heranreichende Abstraktion vom materiellen Inhalt.* A. D. Alexandrow stimmt im Grunde genommen mit dieser Abstraktion überein, wenn er erklärt, daß es sich bei der Raum-Zeit-Theorie eben um die Theorie *der Form*, der Daseinsform der Materie handelt, für die es keine andere Möglichkeit gibt, als vom materiellen Inhalt zu abstrahieren. A. D. Alexandrow läßt jedoch offenbar außer acht, daß *die Form mit dem Inhalt in Wirklichkeit objektiv untrennbar verbunden ist*, stellt doch die Trennung von Form und Inhalt das gedankliche Produkt der Abstraktionsfähigkeit des Menschen dar. *Bei Einstein ist jedoch die Form auch objektiv vom Inhalt getrennt*, u. zw. so sehr, daß auch ihr Verhältnis zueinander auf den Kopf gestellt erscheint; das Raum-Zeit-Intervall ist zum geistigen Inhalt geworden, wogegen die räumliche Ausdehnung und die Zeitdauer der Bewegungserscheinungen der einzelnen materiellen Objekte bloß Erscheinungsformen dieses geistigen Inhalts darstellen.

Jenes »umfassende Fundamentalprinzip« also, in welchem sich die Einsteinsche Interpretation nach Alexandrow so vorteilhaft von der Lorentz—

Fitzgerald—Jánossyschen Deutung unterscheidet (vgl. L. Jánossy: Philosophische Bemerkungen zur speziellen Relativitätstheorie, Zentralforschungsinstitut für Physik, Budapest 1960 — ungarisch — p. 2), ist — wenn man die Dinge auf den Grund sieht —, kein *physikalisches*, sondern ein *philosophisches*, und kein *materialistisches*, sondern ein *objektiv idealistisches* Fundamentalprinzip. Im Grunde genommen operieren beide Interpretationen mit ein und demselben mathematischen Apparat, während aber dieser bei Einstein einen idealistischen Inhalt, eine vorweg bestimmte Harmonie, *ohne materielle Vorgänge* eintretende Veränderungen zum Ausdruck bringt, findet im *nämlichen mathematischen Apparat* in der anderen Deutung *das Ergebnis reeller materieller Vorgänge* seinen Niederschlag. Da aber die unanfechtbaren Versuche zur experimentellen Prüfung der speziellen Relativitätstheorie nicht die Richtigkeit der Interpretation, sondern die des mathematischen Apparates bestätigen, können sie nicht als Argument für die Richtigkeit der Auffassung Einsteins ins Treffen geführt werden.

L. Jánossy setzt an die Stelle des Einsteinschen Relativitäts-Prinzips das sogenannte Lorentz-Prinzip (ebenda, p. 29—41), dessen Wesen darin besteht, daß sich die Lorentzschen Transformationsgleichungen nicht auf die Raum- und Zeitkoordinaten der von jedem materiellen Inhalt abstrahierten »elementaren Ereignisse« oder »Weltpunkte« beziehen, sondern auf Objekte, die *konkreten* materiellen Systemen zugehören, die sich mit anderen Objekten desselben materiellen Systems wechselseitig beeinflussen und deren eines von einer beschleunigenden Wirkung betroffen wird, die auch auf die anderen übergreift. Die beschleunigende Kraft verursacht eine Störung in dem zwischen den Teilchen des gegebenen materiellen Systems wirksamen Kraftfeld. Dieses und die in ihm entstandene Perturbation sind elektromagnetischer Natur, breiten sich also mit Lichtgeschwindigkeit aus und bringen nach Ablauf einer bestimmten Abklingzeit einen neuen Bewegungszustand, eine veränderte Geschwindigkeit des materiellen Systems zustande. In dieser Interpretation drückt also die Lorentz-Transformation den räumlichen und zeitlichen Zusammenhang zwischen den Elementen des materiellen Systems aus, wie er vor und nach der Beschleunigung besteht. L. Jánossy formuliert das Lorentz-Prinzip in dem Sinne, daß die Lorentz-Transformierte eines reellen materiellen Systems  $Q$  bei beliebiger Geschwindigkeit  $v$  wieder ein reelles materielles System  $Q'$  liefert, d. h.

$$Q' = L_v(Q). \quad (29)$$

Das Lorentz-Prinzip ist aber, wie L. Jánossy ausdrücklich betont, mit einem einschränkenden Prinzip zu ergänzen, weil die Lorentz-Transformierten des Systems  $Q$  nicht bedingungslos wirkliche Systeme  $Q'$  liefern. Dazu muß jedoch die beschleunigende Wirkung *adiabatisch* sein, d. h. sie darf keine von den relativistischen Effekten qualitativ abweichende, wie etwa elastische oder

Festigkeitsdeformationen verursachen. Inwieweit eine beschleunigende Wirkung adiabatisch ist, hängt stets von den physikalischen Eigenheiten des zu beschleunigenden materiellen Systems ab. Die wirkliche Entstehung des Systems  $Q'$  hängt also weitgehend davon ab, wie rasch die Geschwindigkeit  $v$  erreicht wird, bzw. davon, wie sich diese Raschheit zu den inneren dynamischen Eigenschaften des Systems  $Q$  verhält.

Im Gegensatz zu dem soeben umrissenen Gedankengang postuliert Einstein nach seiner pantheistisch rationalistischen Art die Fundamentalprinzipien der Theorie unter Außerachtlassung jeglicher materieller Qualität; er will diese Prinzipien nicht etwa als Rahmengesetze gelten lassen, sondern sieht sie als Zusammenhänge an, die die *letztliche Wesenheit* der relativistischen Effekte ausdrücken. Folgerichtig hält er es für eine des Physikers unwürdige Aufgabe, die dynamischen Erscheinungen zu untersuchen, die im Zuge der Änderungen im Bewegungszustand des physikalischen Körpers auftreten. In diesem Punkt muß der große Vorzug der LORENTZ—FITZGERALD—JÁNOSYschen Konzeption gegenüber der Einsteinschen hervorgehoben werden.

L. Jánossy hat auch den Beweis dafür erbracht, daß der Zusammenhang zwischen dem System  $Q$  vor der Beschleunigung und dem System  $Q'$  nach der Beschleunigung gemäß Gleichung (29), d. h. die Tatsache, daß sie ihre wechselseitigen Lorentz-Transformierte darstellen, daß diese Tatsache nicht allein bei Verwendung der Koordinaten des Bezugssystems  $K_0$ , sondern auch für jedes andere Inerzsystem  $K$  Gültigkeit hat, wobei allerdings der im Index figurierende Geschwindigkeitsparameter in diesem Fall einen anderen Wert annimmt. Philosophisch betrachtet, kommt diesem Umstand deshalb besondere Wichtigkeit zu, weil er noch klarer erkennen läßt, daß das Lorentz-Prinzip die Lorentzschen Transformationsgleichungen und die durch sie beschriebenen relativistischen Effekte nicht als Zusammenhänge zwischen den von ihrem materiellen Inhalt weitgehend abstrahierten *Koordinatensystemen*, sondern als Zusammenhänge zwischen *materiellen Systemen* auffaßt.

L. Jánossy beschreibt in mehreren Studien, so u. a. in den »Annalen der Physik« (Nr. 4—7/1953), daß beispielsweise die Beschleunigung des aus zwei Protonen und zwei Elektronen bestehenden Wasserstoffmoleküls oder eines in regelmäßigen Zeitabständen Licht ausstrahlenden eindimensionalen Kristallgitters als Folge der verzögerten Ausbreitung der in ihnen tätigen Kraftwirkungen eben diese relativistischen Effekte hervorruft, daß sich also diese jedenfalls als objektive und materielle Wirkungen erweisen. In diesen Wirkungen spielt keinerlei mystisches Absolutum, keinerlei vierdimensionales Raum-Zeit-Kontinuum irgendeine wie immer geartete Rolle.

In den Diskussionen, die 1961 in diesen Fragen stattfanden, stimmten wir, schließlich mit L. Jánossy und anderen Physikern bzw. Philosophen darin überein, daß Einsteins philosophische Konzeption grundlegend nicht durch den Machismus, aber auch nicht durch einen naiven Materialismus, sondern durch

einen dem Fideismus dienstbaren objektiven Idealismus gekennzeichnet ist, und daß auch die Unannehmbarkeit der Einsteinschen Konzeption in erster Linie von dieser Seite her zu beweisen sein wird. Dies um so mehr, als sich der heutige physikalische Idealismus, wie bereits betont, *ganz allgemein*, so beispielsweise neuerdings auch bei Heisenberg und Bohr und schon früher in den Ansichten des hier recht stark propagierten J. Neumann *zur Hauptsache* auf die *objektiv idealistische-fideistische Linie* stützt.

Unsere Diskussionen förderten aber auch die Tatsache zutage, daß viele unserer Physiker noch außerstande sind, klar zwischen materialistischer und objektiv-idealisticcher Interpretation zu unterscheiden, weshalb die Diskussionen mit Ausdauer fortgeführt werden müssen. Mehrfach kamen z. B. Ansichten zum Ausdruck, es sei abwegig, den Begriff des Raum-Zeit-Kontinuums so strikt abzulehnen, wie es von meiner Seite aus geschieht, weil damit auch der Gedanke der Einheit zwischen räumlichen und zeitlichen Zusammenhängen aufgegeben wird, trotzdem diese Einheit auch im Lorentz-Prinzip enthalten sei. Diesem Einwand möchte ich vor allem entgegenhalten, daß *die Einheit von Raum und Zeit keine ideelle, sondern eine materielle ist*. Die Einheit von Raum und Zeit findet nämlich ihre Verwirklichung nicht in Gestalt des von der Materie getrennten vierdimensionalen Kontinuums, sondern in jeder einzelnen Erscheinung *der materiellen Welt*, im Nebeneinander und in der Aufeinanderfolge der verschiedenen Momente *jedes einzelnen materiellen Vorganges*. Jene »Einheit« von Raum und Zeit dagegen, die durch das euklidische Raum-Zeit-Kontinuum der speziellen oder auch durch das Kontinuum der allgemeinen Relativitätstheorie mit seiner Riemannschen Metrik ausgedrückt wird, ist eine immaterielle Einheit, eine ideelle Einheit, die Platonische Idee von der Einheit von Raum und Zeit.

Ist aber der Begriff von den »elementaren Ereignissen« oder von den »Weltpunkten« als den Elementen dieser Kontinua, dieser mit der mathematischen Abstraktion der veränderlichen Zahlenvierier identische Begriff, nicht dennoch eine Widerspiegelung der voneinander sich absolute absondernden Momente von *materiellen Vorgängen*? Bietet er nicht eine geeignetere Widerspiegelung als der je für sich betrachtete Raumpunkt und Zeitpunkt? Meines Erachtens müssen diese Fragen mit einem entschiedenen »Nein« beantwortet werden. Die Lorentzschen Transformationsgleichungen sowie die Formeln, die das Raum-Zeit-Intervall zwischen den beiden elementaren Ereignissen definieren, drücken in der Interpretation Einsteins — wie gezeigt —, ausgesprochen immaterielle Zusammenhänge aus. Die primäre Wesenheit besteht im mathematischen, d. h. im ideellen Dasein des veränderlichen Zahlenvieriers, angesichts dessen es völlig gleichgültig bleibt, ob es sich um das eine oder das andere Moment des Daseins irgendeines *materiellen Objektes*, eines Moleküls, Atoms, eines Elementarteilchens oder eines Feldelementes (z. B. eines Lichtsignales), um diese oder jene physikalische Änderung, um das Aufkommen

dieser oder jener Wechselwirkung handelt. Und ebenso: Die Gleichung (15) des Raum-Zeit-Intervalls zwischen den beiden elementaren Ereignissen stellt die *ideelle Wesenheit der raumzeitlichen Beziehung* zwischen den beiden elementaren Ereignissen dar, u. zw. unberührt davon, ob die beiden Ereignisse einander beeinflussen können oder nicht, ob es sich also um zwei gesonderte Momente ein und desselben materiellen Vorganges handelt oder nicht.

Die »Welt« des Raum-Zeit-Kontinuums ist also eine Welt, in der sich Raum und Zeit auch ohne materielle Wechselwirkung und ohne materielle Prozesse zu einer Einheit zusammenschmieden. Nicht die zeitabhängig auftretenden Änderungen in den zwischen den Teilchen des Meterstabes zur Geltung kommenden materiellen Wechselwirkungen bzw. das zeitweilige Aufhören derselben (d. h. der vorübergehende Bestand eines dynamischen Gleichgewichts) sind es, die die Veränderlichkeit der Meterstablänge und innerhalb dieser deren vorübergehend vorhandene relative Konstanz verursachen, sondern die abweichende mathematische d. h. ideelle Beziehung des Raum-Zeit-Intervalls der am Anfangs- und am Endpunkt des Meterstabes sich abspielenden relativ gleichzeitigen elementaren Ereignisse zu den unterschiedlich bewegten Räumen und Zeiten. Jedes der im Anfangs- und im Endpunkt mit relativer Gleichzeitigkeit sich abspielenden elementaren Ereignisse liegt außerhalb des sogenannten »Lichtkegels« des anderen Ereignisses, d. h. im Verhältnis zum anderen fallen beide Ereignisse in den Bereich der prinzipiellen Unmöglichkeit von materiellen Wirkungen. Die Änderung in der Meterstablänge kann also nach Einstein per definitionem keinen anderen Ursprung haben, als in der Wirkung des zur ideellen, mathematischen Einheit zusammengeschniedenen Raum-Zeit-Kontinuums auf Raum und Zeit des Meterstabes, die beim Eintritt der verschiedenen Bewegungszustände in unterschiedlichem Maße zur Geltung kommt. Diese Wirkung aber kann im Sinne des Gesagten keineswegs eine Wirkung materieller Natur sein.

Die »Welt« des Raum-Zeit-Kontinuums mit den in ihr enthaltenen »Weltpunkten« und zusammen mit den zwischen ihnen gelegenen Vierer-Intervallen sind also im Grunde genommen identisch mit der Platonischen »Ideenwelt« bzw. mit den in ihr enthaltenen Ideen. Die physikalische Welt ist mithin auch in diesem Falle nur eine unvollkommene Vergegenwärtigung der Ideenwelt.

Einsteins objektiver Idealismus kann somit nicht in der Weise abgelegt werden, daß man zugleich die Abstraktion des Raum-Zeit-Kontinuums beibehält. Im Zuge der Diskussion wurde seitens einzelner Physiker die Einwendung laut, der Begriff des Raum—Zeit-Kontinuums müsse als Daseinsform der Materie anerkannt werden, weil die Invarianz der Vierer-Intervalle gegenüber den Lorentz-Transformationen in allgemeiner Form auch die materielle Einheit der im Lorentz-Prinzip niedergelegten räumlichen und zeitlichen Zusammenhänge zum Ausdruck bringe. Dies aber ist eine irrige Anforderung!

Das invariante »Vierer-Intervall« bedeutet in dieser Interpretation in keiner Weise ein reales Intervall irgendeines realen Kontinuums. Die mathematische Invarianz des Ausdruckes

$$\Delta s = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2 - c^2(\Delta t)^2} \quad (30)$$

sagt um nichts mehr aus, als daß das Raumintervall, wie es zwischen jeweiligen bestimmten Zuständen zweier oszillierender Objekte eines beschleunigten materiellen Systems (oder, wenn es besser gefällt, zwischen zwei *konkreten* »elementaren Ereignissen«) besteht, eine Verkürzung erfährt, während sich das Zeitintervall zwischen ihnen verlängert und ihre Schwingungsphase sich verschiebt. Diese Veränderungen gelangen zum zweiten Objekt im Wege der verzögerten Ausbreitung jener elektromagnetischer Perturbationen, die durch die beschleunigende Wirkung auf das erste Objekt ausgelöst werden.

Die Invarianz des Ausdruckes für  $\Delta s$  hat also in dieser Interpretation nur für solche elementare Ereignisse eine Deutung, die aufeinander eine *materielle* Wirkung ausüben.

Weiters: Die Lorentzschen Transformationsgleichungen legen hier nicht Zusammenhänge zwischen den »eigenen« Räumen und den »eigenen« Zeiten der einzelnen Koordinatensysteme fest, sondern *Zusammenhänge zwischen den eigenen Raumkoordinaten und den mit den eigenen Schwingungen gemessenen eigenen Zeitangaben ein und desselben Objektes in ein und demselben Koordinatensystem K, wie sie sich vor und nach der Beschleunigung ergeben*. Offenkundig bleibt in dieser Deutung nicht einmal eine Spur jener unter grundsätzlichem Ausschluß materieller Wirkungen vor sich gehenden räumlichen und zeitlichen Veränderungen, die für den dialektischen Materialismus die Einsteinsche Interpretation der Lorentz-Transformation und die irrealen Abstraktion des Raum-Zeit-Kontinuums unannehmbar machen.

Unter solchen Umständen muß deshalb geprüft werden, welcher entscheidende Unterschied zwischen den beiden Interpretationen ihrem *physikalischen* Inhalt nach trotz der Übereinstimmung ihrer *mathematischen* Apparate besteht, und warum es unbegründet erscheint, in der dem Lorentz-Prinzip entsprechenden Deutung aus der Einsteinschen Interpretation den Begriff des Raum-Zeit-Kontinuums und den Ausdruck für  $\Delta s$  als einen Begriff zu übernehmen, der als invariantes »Raum-Zeit-Intervall« gedeutet wird. Der Einfachheit halber wollen wir uns auf die Translation der  $x$ -Achse entlang beschränken.

Vor allem taucht die Frage auf, *welche Bedeutung den Lorentzschen Transformationsgleichungen beizumessen ist, wenn sie nach dem Lorentz-Prinzip gedeutet werden*. In dieser Interpretation handelt es sich um folgendes:

In einem in dynamischem Gleichgewicht befindlichen geschlossenen materiellen System  $Q$  erfährt einerseits die Abszisse im System  $K$  jedes beliebigen



gen Teilchens von  $Q$  als Funktion der Zeit, andererseits der Zeitparameter selbst eine Veränderung im Sinne der Lorentz-Transformation, sobald man das System im Vergleich zu seinem vorangegangenen Zustand auf die Geschwindigkeit  $v$  beschleunigt und dieses im Zustand  $Q'$  wieder das dynamische Gleichgewicht erlangt hat. Es gelten also hierfür die Beziehungen

$$x(t) = \frac{x'(t') - vt'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad (31)$$

$$t = \frac{t' - x'(t) v/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}. \quad (32)$$

Greift man aus dem beschleunigten System  $Q'$  zwei seiner Teilchen heraus, die im System  $K$  im Sinne der Bewegungsgleichungen

$$x'_1 = vt', \quad x'_2 = l' + vt', \quad (33)$$

bewegt sind — wo  $l' = \text{konst.}$  den Abstand der beiden Teilchen voneinander in  $Q'$  bedeutet —, dann schreiben sich gemäß (31) die Abszissen vor der Beschleunigung (in  $Q$ ) zu

$$x_1 = 0, \quad x_2 = \frac{l'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = l \text{ (konst.)}, \quad (34)$$

woraus

$$l' = l \cdot \sqrt{1 - v^2/c^2}. \quad (35)$$

Der Abstand zwischen den beiden Teilchen erfährt mithin ganz unabhängig vom Zeitparameter eine Verkürzung im Verhältnis von

$$\sqrt{1 - v^2/c^2} : 1$$

als Folge der Beschleunigung und der elektromagnetischen Natur des Wirkungsfeldes zwischen den beiden Teilchen.

Wir wollen nun die beiden Teilchen als atomistische Uhren ansehen, deren Periode im Zustand  $Q$  vor der Beschleunigung mit  $T$  bezeichnet werden soll. Es soll berechnet werden, welche Zeitparameter-Werte in dem nach der Beschleunigung eintretenden Zustand  $Q'$  für beide Teilchen den Zeitwerten  $t = 0$  und  $t = T$  im Zustand  $Q$ , d. h. also dem Anfangs- und Endpunkt ihrer eigenen Periode entsprechen. Im Sinne von (32) und (33) ist für das erste Teilchen

im Anfangspunkt der Periode  $t = 0$  und  $x' = vt'$ , somit gilt

$$0 = \frac{t' - v^2 t' / c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad \text{d. h. } t' = 0, \quad (36)$$

im Endpunkt der Periode hingegen ist  $t = T$  und  $x' = vt'$ , d. h. es wird

$$T = \frac{t' - v^2 t' / c^2}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} = t' \sqrt{1 - v^2 / c^2} \quad \text{und}$$

$$t' = \frac{T}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}. \quad (37)$$

Im Anfangspunkt der Periode des zweiten Teilchens ist  $t = 0$  und  $x' = l' + vt'$ , und folglich

$$0 = \frac{t' - vl' / c^2 - v^2 t' / c^2}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}},$$

und hieraus

$$t'(1 - v^2 / c^2) = vl' / c^2 \quad \text{und} \quad t' = vl' / (c^2 - v^2) \quad (38)$$

Im Endpunkt der Periode hingegen ist  $t = T$  und  $x' = l' + vt'$ , folglich wird

$$T = \frac{t'(1 - v^2 / c^2) - vl' / c^2}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} = t' \sqrt{1 - v^2 / c^2} - \frac{vl'}{c^2 \sqrt{1 - v^2 / c^2}}$$

und hieraus

$$t' = \frac{T}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} + \frac{vl'}{c^2 - v^2} \quad (39)$$

Der Unterschied zwischen den Zeitparameter-Werten gemäß (37) und (36) sowie (39) und (38) ergibt die Periode der beiden Teilchen nach der Beschleunigung zu

$$T' = \frac{T}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}. \quad (40)$$

*Als Folge der Beschleunigung erfahren also die periodischen Bewegungen an jedem Ort des Beschleunigten Systems eine Verlangsamung im gleichbleibenden Verhältnis von*

$$1 : \sqrt{1 - v^2 / c^2}.$$

Die Differenz zwischen den Zeitparameter-Werten gemäß (38) und (36) sowie (39) und (37) ergibt das Ausmaß jener Phasenverschiebung, die durch die Beschleunigung zwischen den Zeitparametern der in einer Entfernung  $l'$  voneinander bewegten Teilchen verursacht wird, man hat somit

$$(\Delta t')_{l'} = \frac{vl'}{c^2 - v^2} = \frac{vl}{c^2 \sqrt{1 - v^2 / c^2}}. \quad (41)$$

Es soll nun geprüft werden, ob die Lorentz'schen Transformationsgleichungen nicht etwa auch in dieser Interpretation so viel bedeuten, daß das System  $K$  nur den »eigenen Raum und die eigene Zeit« des Objekts  $Q$  vor der Beschleunigung zu repräsentieren vermag, während der »eigene Raum und die eigene Zeit« der beschleunigten Objekts  $Q'$  bereits durch ein anderes Inerzsystem  $K_1$  dargestellt wird.

In Nr. 4—7 des Jahrgangs 1953 der »Annalen der Physik« beschreibt L. Jánosy im Rahmen einer Studie die Entstehung und die Eigenschaften dieses supponierten neuen Koordinatensystems in folgenden Schritten (p. 307/309).

1. Es sei  $K_1$  jenes Koordinatensystem, das nach der Beschleunigung im Zustand  $Q'$  zusammen mit dem gegebenen materiellen System bewegt ist und das sich aus dem System  $K$  durch einfache Galilei-Transformation ergibt.

2. Es sei  $K'_1$  jenes Koordinatensystem, das man aus  $K_1$  erhält, indem man den Zeigerstand der Uhren mit der Abszisse  $x$  um den Wert

$$(\Delta t)_x = - \frac{vx}{c^2 - v^2} \quad (42)$$

zurückstellt.

3. Es sei  $K''_1$  jenes Koordinatensystem, das man aus  $K'_1$  erhält, indem man die Längeneinheit in Richtung  $x$  im Verhältnis von  $\sqrt{1 - v^2/c^2} : 1$  verkürzt, d. h. indem man die Abszisse jedes Punktes mit diesem Faktor dividiert.

4. Es sei schließlich  $K^*_1$  jenes Koordinatensystem, das man aus  $K''_1$  erhält, indem man den Gang sämtlicher in ihm enthaltener Uhren im Verhältnis von  $1 : \sqrt{1 - v^2/c^2}$  verlangsamt. Auf Grund der obigen Berechnungen ist es klar, daß eben dieses Koordinatensystem  $K^*_1$  die Lorentz-Transformierte des ursprünglichen Systems  $K$  sein wird, sofern man die Lorentz-Transformation, wie dies Einstein getan hat, auf dematerialisierte Koordinatensysteme beziehen will.

Mit diesen modifizierten Raum- und Zeitkoordinaten gelangt man tatsächlich zu dem Ergebnis, daß sich das Licht auch im Koordinatensystem  $K^*_1$  isotrop, mit der Geschwindigkeit  $c$  ausbreitet, wenn es sich auch im ursprünglichen System  $K$  auf diese Weise fortpflanzt.

Im System  $K_1$  nämlich gilt gemäß (8):

$$|c_{+x}| = c - v, \quad |c_{-x}| = c + v, \quad |c_y| = \sqrt{c^2 - v^2} \quad \text{und} \\ (\Delta t)_{OA} = \frac{a}{c - v}, \quad (\Delta t)_{AO} = \frac{a}{c + v}, \quad (43)$$

während im System  $K'_1$

$$\left. \begin{aligned} (\Delta t')_{OA} &= \frac{a}{c-v} - \frac{av}{c^2-v^2} = \frac{av}{c^2-v^2} \\ (\Delta t')_{AO} &= \frac{a}{c+v} + \frac{av}{c^2-v^2} = \frac{ac}{c^2-v^2} \end{aligned} \right\} \quad (44)$$

und hieraus

$$|c'_{+x}| = |c'_{-x}| = \frac{a}{ac/(c^2-v^2)} = c(1-v^2/c^2). \quad (45)$$

Da jedoch nach wie vor  $|c'_y| = \sqrt{c^2-v^2}$ , besteht die Anisotropie im System  $K'_1$  auch weiterhin fort, während sie in  $K_1$  bereits beseitigt ist, weil hier

$$c''_x = \frac{c'_x}{\sqrt{1-v^2/c^2}} = \sqrt{c^2-v^2} = c'_y = c''. \quad (46)$$

Schließlich ist im Koordinatensystem  $K_1^*$

$$c^* = \frac{c''}{\sqrt{1-v^2/c^2}} = c, \quad (47)$$

in diesem System  $K_1^*$  bleibt also die Lichtgeschwindigkeit scheinbar tatsächlich in jeder Richtung die gleiche wie im System  $K$ .

Im Sinne des Lorentz-Prinzips aber — und dies muß wiederholt betont werden —, führt die Lorentz-Transformation nicht die ihres materiellen Charakters entkleideten Koordinatensysteme, nicht selbständige und mit konstanter Geschwindigkeit dahinbrausende Räume und Zeiten ineinander über, sondern verbleibt in ein und demselben Bezugssystem  $K$  und führt die Raumkoordinaten und Zeitparameter der Teilchen konkreter materieller Systeme aus den dem Zustand  $Q$  vor der Beschleunigung entsprechenden Werten in die dem Zustand  $Q'$  nach der Beschleunigung entsprechenden Werte über. Dem Lorentz-Prinzip gemäß stellt die Lorentz-Transformation nichts anderes dar, als eine Anwendungsart der Galilei-Transformation, bei der die im gegebenen materiellen System tatsächlich vor sich gegangenen relativistischen Effekte zu berücksichtigen sind (*S.* Gleichungen (3)—(13)). Dagegen besitzt das materielle System  $Q'$  keinen »eigenen Raum« und keine »eigene Zeit«, die an ein gesondertes Koordinatensystem  $K_1^*$  gebunden wären und die relativistischen Effekte selbständig erleiden würden.

Zweifellos ist auch in dieser Deutung die Invarianz der Beziehung (30) als mathematische Eigenheit der Lorentz-Transformation gültig, u. zw. in

der Form

$$\Delta s = \Delta s' \quad (48)$$

beziehungsweise

$$(\Delta x)^2 - c^2(\Delta t)^2 = (\Delta x')^2 - c^2(\Delta t')^2. \quad (49)$$

Würde man diese Formel als Zusammenhang zwischen dem realen Koordinatensystem  $K$  und dem fiktiven Koordinatensystem  $K_1^*$  auffassen, könnte man hinter ihr in der Tat die Invarianz einer Art fiktiven Raum-Zeit-Intervalls vermuten, u. zw. im organischen Zusammenhang mit der scheinbaren Invarianz der Lichtgeschwindigkeit. Da sich aber hier nicht *Raum und Zeit* aus einem Zustand  $K$  in einen Zustand  $K_1^*$  transformieren, da man vielmehr eine Transformation der Raum- und Zeitparameter eines konkreten *materiellen Systems* aus dem Zustand  $Q$  in den Zustand  $Q'$  gegenübersteht, sagt (49) weder über die Invarianz der Lichtgeschwindigkeit, noch über diejenige irgendeines Raum-Zeit-Intervalls etwas aus. Auch in diesem Fall läßt sich die Abweichung zwischen den beiden Deutungen mathematisch ähnlich wie bei Gleichung (28) formulieren.

Vor allem schreiben wir die Lorentzschen Transformationsgleichungen in Differentialform auf:

$$\Delta x' = \frac{\Delta x + v \cdot \Delta t}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad \Delta t' = \frac{\Delta t + (v/c^2) \Delta x}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (50)$$

Für das Raum-Zeit-Intervall gilt

$$(\Delta s)^2 = (\Delta x + c \cdot \Delta t) \cdot (\Delta x - c \cdot \Delta t) \quad (51)$$

und

$$(\Delta s')^2 = (\Delta x' + c \cdot \Delta t') \cdot (\Delta x' - c \cdot \Delta t') \quad (52)$$

Die Durchrechnung der rechten Seite von (52) anhand der Gleichung (50) ergibt

$$\begin{aligned} \Delta x' + c \cdot \Delta t' &= \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \left[ \Delta x \cdot (1 + v/c) + (c + v) \Delta t \right] = \\ &= \sqrt{\frac{c + v}{c - v}} \cdot (\Delta x + c \cdot \Delta t), \end{aligned} \quad (53)$$

$$\begin{aligned} \Delta x' - c \cdot \Delta t' &= \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \left[ \Delta x (1 - v/c) - (c - v) \Delta t \right] = \\ &= \sqrt{\frac{c - v}{c + v}} \cdot (\Delta x - c \cdot \Delta t). \end{aligned} \quad (54)$$

Durch Multiplikation von (53) mit (54) erhält man wieder die Invarianz-Beziehung (49).

Physikalisch enthalten jedoch die Gleichungen (53) und (54) den zweierlei Interpretationen gemäß ebenso grundverschiedene Aussagen wie die beiden Seiten der Gleichung (28).

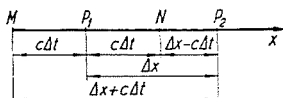


Abb. 2

In der Einsteinschen Interpretation (Abb. 2) kennzeichnen die hier figurierenden Raum- und Zeitintervalle das Verhältnis zweier elementarer Ereignisse in den Systemen  $K$  und  $K'$ . Es sei  $P_1$  das frühere Ereignis im Bezugssystem  $K$ . Jener Lichtstrahl, der vom Ort von  $P_1$  in der positiven und negativen Richtung der  $x$ -Achse zur selben Zeit wie aus  $P_1$  ausgeht, erreicht im Zeitpunkt des Ereignisses  $P_2$  die beiden Punkte  $N$  bzw.  $M$ . Man hat somit

$$\left. \begin{aligned} P_1 P_2 = \Delta x, \quad MP_1 = P_1 N = c \cdot \Delta t, \quad MP_2 = \Delta x + c \cdot \Delta t \\ \text{und} \\ NP_2 = \Delta x - c \cdot \Delta t. \end{aligned} \right\} \quad (55)$$

Den Gleichungen (50), (53) und (54) zufolge ändern sich diese Raumintervalle im System  $K'$  nach folgenden Verhältniszahlen

$$(MP_2)' / MP_2 = \sqrt{\frac{c+v}{c-v}}, \quad (NP_2)' / NP_2 = \sqrt{\frac{c-v}{c+v}} \quad (56)$$

$$(P_1 P_2)' / P_1 P_2 = \Delta x' / \Delta x = \frac{1 + v \cdot \Delta t / \Delta x}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \varphi(\Delta t / \Delta x) \quad (57)$$

$$(MP_1)' / MP_1 = (P_1 N)' / P_1 N = \Delta t' / \Delta t = \frac{1 + v/c^2 \cdot \Delta x / \Delta t}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \psi(\Delta x / \Delta t). \quad (58)$$

Demnach erfahren die Raum- und die Zeitintervalle der auf der gemeinsamen  $x$ -Achse gelegenen Ereignispaare beim Übergang vom System  $K$  zum System  $K'$  Änderungen im Sinne verschiedenster Umrechnungsbeziehungen.

Verlaufen  $P_1$  und  $P_2$  im System  $K$  gleichzeitig, aber nicht am gleichen Ort, d. h. wird  $\Delta t = 0$  und  $\Delta x \neq 0$ , dann — und nur dann — ist

$$\varphi(0) = \Delta x' / \Delta x = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}. \quad (59)$$

Verlaufen sie hingegen am gleichen Ort, jedoch nicht gleichzeitig, ist also  $\Delta x = 0$  und  $\Delta t \neq 0$ , dann — und nur dann — wird

$$\psi(0) = \Delta t' / \Delta t = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}. \quad (60)$$

Die Lichtgeschwindigkeit ist dementsprechend sowohl im System  $K$  als auch im System  $K'$  in allen Richtungen  $c$ .

Was sagen die Gleichungen (53) und (54) nach der dem Lorentz-Prinzip entsprechenden Interpretation physikalisch aus? In dem gegenüber dem System  $K$  ruhenden Zustand  $Q$  soll  $P_1$  den Zustand eines Teilchens im gegebenen materiellen System zum Zeitpunkt  $t$  bezeichnen,  $P_2$  hingegen den Zustand eines von  $P_1$  im Abstand von  $\Delta x = l$  befindlichen Teilchens im Zeitpunkt  $t + \Delta t$ . Aus (50) hat man in diesem Fall mit (41)

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} + \frac{vl}{c^2 \sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} + (\Delta t)_{l'}, \quad (61)$$

und

$$\Delta x' = \frac{l}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} + \frac{v\Delta t}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{l}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} + v \left( \Delta t' - \frac{vl}{c^2 \sqrt{1 - v^2/c^2}} \right),$$

beziehungsweise

$$\Delta x' = l \cdot \sqrt{1 - v^2/c^2} + v \Delta t' = l' + v \Delta t'. \quad (62)$$

Demnach erhält man

$\Delta x' + c \Delta t' = l \cdot \sqrt{1 - v^2/c^2} + (c + v) \Delta t'$  und auf Grund von (61) schließlich

$$\Delta x' + c \Delta t' = \sqrt{(c + v)/(c - v)} (l + c \Delta t). \quad (63)$$

Ebenso hat man

$$\Delta x' - c \Delta t' = l \cdot \sqrt{1 - v^2/c^2} - (c - v) \Delta t'.$$

beziehungsweise

$$\Delta x' - c \cdot \Delta t' = \sqrt{(c - v)/(c + v)} (l - c \Delta t), \quad (64)$$

oder in kürzerer Form

$$l' + (c + v) \cdot \Delta t' = \sqrt{c + v/c - v} \cdot (l + c \cdot \Delta t) \quad (65)$$

und ebenso

$$l' - (c - v) \cdot \Delta t' = \sqrt{c - v/c + v} \cdot (l - c \cdot \Delta t) \quad (66)$$

bzw. nach Multiplikation

$$(l' + v \cdot \Delta t')^2 - c^2 \cdot (\Delta t')^2 = l^2 - c^2 (\Delta t)^2. \quad (67)$$

Wieder sieht man also, daß trotz der Gleichzeit des mathematischen Apparates im *physikalischen* Inhalt derselbe Unterschied besteht, den wir im Zusammenhang mit dem Michelson—Morley-Versuch zwischen der rechten und der linken Seite der Gleichung (28) festgestellt haben. *Offenbar drückt die Invarianz von  $\Delta s$  in der Deutung gemäß dem Lorentz-Prinzip nicht mehr und*

nicht weniger aus als eine vom Zeitpunkt unabhängig große Verkürzung des Abstandes zweier Teilchen im beschleunigten System, die von der räumlichen Lage der Teilchen unabhängig große Verlängerung ihrer Eigenperiode und die Phasenverschiebung zwischen den Zeitparametern der verschiedenen Teilchen, wie sie infolge der Beschleunigung auftritt, sowie die Anisotropie der Lichtausbreitung in den von  $K_0$  abweichenden Koordinatensystemen. In dieser Interpretation ist also keine Rede mehr von einer Betrachtung der absoluten und relativen Seiten von Raum und Zeit etwa in dem Sinne, daß sich der absolute Charakter nur in der vierdimensionalen Mannigfaltigkeit des beide zusammenschweißenden Raum-Zeit-Kontinuums verkörpere, während Raum und Zeit je separat als »eigener Raum« und »eigene Zeit« der einzelnen Bezugskörper bloß relativ existierten. Nicht die einzelnen Bezugskörper haben eine »eigene Zeit«, sondern die verschiedenen Teilchen des beschleunigten materiellen Systems haben ihre »eigenen Zeitparameter«, da sich als Folge materieller Einwirkungen die Länge ihrer eigenen Periode ändert und weil sich auch ihre Schwingungsphasen zueinander verschieben. Weiters: Das Maß der Veränderung ein und desselben Raumintervalls ist unabhängig von der Größe jenes Zeitintervalls, welches zwischen den an seinen Endpunkten sich abspielenden elementaren Ereignissen in diesen oder jenen, zueinander angeblich bewegten dreidimensionalen Räumen liegt. Die Raumintervalle des beschleunigten materiellen Systems erfahren eine von jedem Ereignispaar unabhängig starke Verkürzung.

Zu betonen ist ferner, daß die Transformation der Raumkoordinaten und der Zeitparameter im Sinne des Lorentz-Prinzips die *konkreten* räumlichen und zeitlichen Eigenheiten des gegebenen *konkreten* materiellen Systems relativisiert und nicht im gegebenen materiellen System dessen vermeintlichen »eigenen Raum« als solchen und dessen »eigene Zeit« als solche. Die Annahme eines absoluten vierdimensionalen Raum-Zeit-Kontinuums und in diesem die Annahme der Existenz dreidimensionaler beweglicher Räume und eindimensionaler beweglicher Zeiten relativen Charakters ist mit dem Lorentz-Prinzip unvereinbar. Es gibt keine praktischen Erfahrungen, die auf die Veränderlichkeit von Raum und Zeit verweisen würden, sondern ausschließlich praktische Erfahrungen, die auf die Veränderlichkeit der räumlichen und zeitlichen Eigenschaften konkreter materieller Systeme und Vorgänge schließen lassen. Der Satz von der Veränderlichkeit von Zeit und Raum und von der Unveränderlichkeit des Raum-Zeit-Kontinuums, von der vierdimensionalen »Welt« bringt also nicht physikalische Tatsachen zum Ausdruck, sondern stellt eine willkürliche philosophische Interpretation gewisser physikalischer Tatsachen dar.

Wir wollen auch nochmals wiederholen, daß sich der Einsteinschen Interpretation zufolge das Verhältnis, um das sich die Abmessungen bewegter Raumintervalle ändern, nach den Zeitkoordinaten der an ihren Endpunkten



sich abspielenden elementaren Ereignisse richtet, u. zw. in dem Sinne, daß das Raumintervall in jenem und nur in jenem Inerzsystem eine Änderung im Verhältnis von  $\sqrt{1 - v^2/c^2} : 1$  erfährt, in welchem die beiden Ereignisse gleichzeitig eintreten. Da in derartigen Fällen jedes der beiden Ereignisse außerhalb des »Lichtkegels« des anderen liegt, kann zwischen ihnen keinerlei wie immer geartete materielle Wirkung zur Geltung kommen, weshalb die Änderung ihres wechselseitigen Verhältnisses im Raum nur als Ergebnis nicht-materieller Einwirkungen zustande kommen kann. Die Quelle dieser nicht-materiellen Wirkungen ist das Raum-Zeit-Kontinuum, das die Rolle des Absolutums spielt und seine eigenen Intervalle in den unterschiedlich bewegten Räumen und Zeiten in Gestalt unterschiedlich großer Raum- und Zeitintervalle manifestiert. In jedem Inerzsystem breitet sich das Licht mit der Geschwindigkeit  $c$  aus, im Raum-Zeit-Kontinuum hingegen beschreibt es stets ein Intervall der Größenordnung Null.

Wer in den Fragen der speziellen Relativitätstheorie die Interpretation des Lorentz-Prinzips akzeptiert, muß diese ganze Einsteinsche Konzeption zusammen mit der irrealen Abstraktion des Raum-Zeit-Kontinuums ablehnen.

In der Interpretation nach dem Lorentz-Prinzip spiegeln sich in der Invarianz der Beziehung für  $\Delta s$  materielle Wirkungen wider und nicht von jedem materiellen Einfluß unabhängig gemachte Konstanz irgend eines Raum-Zeit-Intervalls.

Der erste der beiden Standpunkte ist objektiv idealistisch, der andere dagegen dialektisch-materialistisch und aus diesem Grunde sind sie miteinander unvereinbar! Dies möchte ich deshalb besonders unterstreichen, weil ich während der bisherigen Diskussionen auch auf Argumentationen gestossen bin, die Invarianz des Raum-Zeit-Intervalls zwischen relativ gleichzeitigen Ereignissen habe trotz allem einen physikalischen Inhalt, u. zw. bestehe dieser in jenen Veränderungen, die durch die verzögerte Ausbreitung der beschleunigenden Wirkung hervorgerufen werden. Diese Argumentation unterscheidet sich nur formell von jenem bekannten Gedankengang, der aus den Bewegungserscheinungen der materiellen Welt die Existenz eines »selbst unbeweglichen Bewegenden« deduziert, mit dem sie aber inhaltlich identisch ist, weshalb sie ebenso verworfen werden muß wie dieser.

Aus den bisherigen Diskussionen ging auch hervor, daß die Konzeption des Lorentz-Prinzips am meisten wegen des Gedankens vom »bevorzugten System« angefochten wird, den sie in sich birgt. Und in der Tat: In dieser Konzeption stellt  $K_0$  jenes bevorzugte System dar, in welchem sich das Licht mit der aus den Maxwell-Gleichungen resultierenden Geschwindigkeit  $c$  isotrop fortpflanzt, wobei die Lichtgeschwindigkeit in den in bezug auf  $K_0$  unterschiedlichen Bewegungszuständen befindlichen Systemen und in verschiedenen Richtungen jeweils andere Werte hat.

Im Zuge der Diskussionen mußte ich meinen eigenen Standpunkt wie in anderen, so auch in den Fragen des bevorzugten Systems genauer umreißen, als dies früher geschehen war (s. *Periodica Polytechnica*, Maschinen- und Bauwesen, Vol. 5. No. 3. S. 254). Tatsächlich genügt es nämlich nicht zu betonen, daß ich die Einführung des Bezugssystems  $K_0$  und seine Verknüpfung mit dem durch die Fixsterne in der Umgebung des Sonnensystems erzeugten, annähernd stationären Gravitationsfeld im Hinblick auf ihre *praktische Brauchbarkeit* für begründet halte. Ich anerkenne durchaus die Berechtigung dieser Kritik: In der Tat liegt der Ton auf der *objektiven, materiellen Bevorzugtheit* des stationären Gravitationsfeldes, und dies muß eben jenen gegenüber mit allem Nachdruck hervorgehoben werden, die den Begriff des bevorzugten Systems als Mystikum und die mit ihm operierende Interpretation als idealistisch bezeichnen. W. A. Fok unterstreicht im Zusammenhang mit Einsteins *allgemeiner* Relativitätstheorie gleichfalls, daß diese Lehre im Grunde genommen eine *Theorie der Gravitation* darstellt, in der es keinerlei Relativität gibt, u. zw. eben deshalb nicht, weil die Relativität mit der homogenen und isotropen Natur des *gravitationslosen* Kontinuums und demzufolge mit der grundsätzlichen Unmöglichkeit der Bevorzugtheit zusammenhängt. Sobald aber Gravitations-Kraftwirkungen auftreten, kann keineswegs mehr von einem homogenen und isotropen Kontinuum die Rede sein, d. h. also weder von einer »allgemeinen Relativität«, noch von der grundsätzlichen Unmöglichkeit des Bestehens eines bevorzugten Systems. Ganz im Gegenteil: liegt eine Gravitation vor, muß es objektiv ein bevorzugtes System geben, in welchem sich die objektiven Eigenheiten des Gravitationsfeldes manifestieren. Besonders hebt Fok auch die Bedeutung der Tatsache hervor, daß die angebliche Gleichwertigkeit des Kopernikanischen heliozentrischen und des Ptolemäischen geozentrischen Systems keineswegs anerkannt werden kann.

Zu betonen ist ferner folgendes: In der objektiven Wirklichkeit tritt im wechselseitigen Verhältnis der materiellen Objekte zueinander *stets* eine Kraftwirkung auf. Nur wenn man bewußt die kraftwirkungslose Koexistenz *dematerialisierter Inerzsysteme* postuliert — indem man sich klar darüber ist, daß es sich um eine supponierte, aber unzulässige Arbeitshypothese handelt —, kann man den Grundsatz der Relativität als *logische* Folge dieses *gedanklichen* Postulats aufstellen. Hierbei besagt jedoch das Prinzip der Relativität bloß so viel und um nichts mehr, als daß unter den ohne Kraftwirkung zusammen existenten Inerzsystemen, die, genau genommen, nur *gedanklich* vorhanden sind, kein einziges *in Gedanken* vor den anderen bevorzugt werden kann. In der objektiven Wirklichkeit gibt es jedoch keine Koexistenz dematerialisierter und aufeinander keinerlei Kraftwirkung ausübender Inerzsysteme, sondern stets nur eine Koexistenz von materiellen Objekten, die aufeinander Kraftwirkungen ausüben, und dieser Umstand bevorzugt objektiv einzelne Objekte vor anderen Objekten, ja er schließt grundsätzlich die Gleichwertigkeit der

einzelnen Objekte und der ihnen zugeordneten Koordinatensysteme aus. Das Koordinatensystem der Sonne ist *objektiv* nicht gleichwertig mit jenem der Erde, weil die Eigenschaften des Gravitationsfeldes und die in ihnen vor sich gehenden Bewegungserscheinungen, wie etwa die Parameter der Lichtfortpflanzung in der Umgebung der Sonne anders geartet sind als in der Umgebung der Erde. In der wechselseitigen Beziehung zwischen Sonne und Erde ist es die Sonne, die sich objektiv im Zustand der *relativen Ruhe* befindet, und nicht die Erde. Die Leugnung dieser physikalischen Tatsache würde einen für den dialektischen Materialismus unannehmbaren Relativismus bedeuten.

Ähnlich verhält es sich mit der wechselseitigen Beziehung zwischen dem durch die Fixsterne in der Umgebung des Sonnensystems objektiv erzeugten, annähernd stationären Gravitationsfeld als dem *einen* materiellen Objekt einerseits und dem in ihm bewegten Sonnensystem als dem *anderen* materiellen Objekt andererseits. Auch in diesem Fall kann kein Zweifel darüber bestehen, daß es innerhalb dieser wechselseitigen Beziehung das quasistationäre Gravitationsfeld ist, das sich im Zustand der *relativen Ruhe* befindet, und nicht das Sonnensystem. Die Bevorzugtheit bedeutet also in der objektiven Wirklichkeit nicht eine *absolute*, für das gesamte unendliche Weltall gültige Eigenschaft eines seiner materiellen Natur entkleideten Koordinatensystems, vielmehr *handelt es sich stets um die Bevorzugtheit eines materiellen Systems, die in bestimmten wechselseitigen Zusammenhängen zur Geltung gelangt*. Das dem quasistationären Gravitationsfeld zugeordnete Koordinatensystem  $K_0$  ist eben deshalb *in diesem Teil des Weltalls* das bevorzugte System. Dies nicht anzuerkennen, kommt einer Stellungnahme gleich, die die Daseinsberechtigung des theoretischen Denkens leugnet und sich in positivistischem Sinne auf den Mangel an »Erfahrungen« beruft, einer Stellungnahme, die in den bisherigen Diskussionen gleichfalls häufig anzutreffen war. Interessanterweise lassen sich diese Diskussionspartner durch das Fehlen unmittelbarer Erfahrungen in der Anerkennung des objektiven Daseins der euklidischen und der Riemannschen vierdimensionalen Raum-Zeit-Kontinua durchaus nicht stören! Zweifellos birgt in diesem Punkt die als physikalisch angesehene Stellungnahme einen verborgenen philosophischen Idealismus in sich.

Meines Erachtens müssen diese Diskussionen fortgesetzt werden, weil es in der Periode des Aufbaus des Sozialismus und des Kommunismus und zur Zeit der stürmischen Entwicklung der Wissenschaft, wie dies auch das neue, durch den XXII. Kongreß angenommene Programm der Kommunistischen Partei der Sowjetunion feststellt, unsere vornehmste Aufgabe bildet, die tiefgründige Ausarbeitung der philosophischen Probleme der modernen Naturwissenschaft auf Grund der einzig wissenschaftlichen Weltanschauung und Erkenntnismethode, auf Grund des dialektischen Materialismus, voranzutragen.