

13. JAHRGANG

5

1957

# Aufbau

KULTURPOLITISCHE MONATSSCHRIFT

INHALT *Stephan Hermlin: Die Verteidiger und die Verächter des Lebens* 435

*Bertolt Brecht: Vergnügungstheater oder Lehrtheater?* 437

*Erich Mühsam: Gedichte* 447

*Erich Mühsam: Namen und Menschen* 455

*Gerhardt Weißbach: Nachbemerkung* 470

*Lion Feuchtwanger: Jefas Entscheidung* 473

*Wolfgang Hädecke: Gedichte* 500

*Louis Aragon: Charles Baudelaire heute* 503

*Rainer Tbiel: Newton, Marx und Einstein* 512

NOTIZEN 517

LITERATURKRITIK

Das Werk Theodor Storms / Umschau 518

ILLUSTRATIONEN

Otto Dix 441, 446, 454, 462, 483, 493 – Oskar Kokoschka 499 – Charles

Méryon 504 – Charles Baudelaire 509

## NEWTON, MARX UND EINSTEIN

Würde man heute die Frage nach dem Wesen von Raum und Zeit vorlegen, wäre sehr wahrscheinlich eine Beschreibung zu hören, wie sie heute von Physikern aus der Auffassung Newtons herausgelesen wird: Der Raum, oder auch der Weltraum, sei gleichsam ein Zimmer, ein Raum (!), in den das Ensemble der Körper hineingestellt ist, ein Gehäuse, das aber auch ohne darin befindliche Körper gedacht werden kann. Der einzige Unterschied zu einem gewöhnlichen Raum bestehe darin, daß seine Wände in beliebige Ferne entrückt vorgestellt werden, was in diesem Zusammenhang unwesentlich ist. Die alten Babylonier hielten den Weltraum für eine geschlossene Schachtel, deren Boden die Erde ist. Kant interpretierte diese Art der Vorstellung mit den Worten: „Man kann sich niemals eine Vorstellung davon machen, daß kein Raum sei, ob man sich gleich ganz wohl denken kann, daß keine Gegenstände darin angetroffen werden.“

Newtons Intentionen stimmen tatsächlich in der Hauptsache mit jenen populären Vorstellungen überein. Bei ihm ist die Frage nach dem Raum und der Zeit verknüpft mit der Frage nach der Existenz und der Feststellbarkeit *absoluter* Bewegungen. Im Alltagsleben begnügen wir uns ja damit, die Bewegungen *relativ* zu irgendwelchen Punkten bzw. Körpern zu beschreiben. Newton äußert in seinem Hauptwerk „Mathematische Prinzipien der Naturlehre“: „Die *absolute, wahre* und *mathematische* Zeit verfließt an sich und vermöge ihrer Natur gleichförmig, und ohne Beziehung auf irgendeinen äußern Gegenstand. Sie wird so auch mit dem Namen: *Dauer* belegt.“

„Der *absolute Raum* bleibt vermöge seiner Natur und ohne Beziehung auf einen äußern Gegenstand, stets gleich und unbeweglich.“ Damit haben wir uns zunächst auseinanderzusetzen.

Newton hat selbst die Problematik seiner Erklärung, zumindest des absoluten Raumes, gespürt. Zwar schreibt er über die Möglichkeit, die „wahre Bewegung“ der Körper, das heißt ihre Bewegung im „absoluten Raum“, zu erfassen: „Die Sache ist jedoch nicht gänzlich hoffnungslos“, und er sieht in den Fliehkräften Hilfsmittel der Erkenntnis. Wie aber aus S. I. Wawilows Newton-Biographie zu entnehmen ist, schwankte der große Physiker zwischen zwei Extremen, deren eines in purem Fideismus bestand, deren anderes jedoch eine relative Gültigkeit aufwies und — was entscheidend ist — zu seiner eigenen Aufhebung innerhalb der Physik führen sollte.

In einer Aufzeichnung seines Vertrauten D. Gregory dürfen wir das fideistische Extrem als überliefert betrachten: „Er (Newton) hatte Zweifel, ob er folgende Frage so ausdrücken könne: ‚Womit ist der Raum angefüllt, wenn er frei von Körpern ist?‘ Die volle Wahrheit ist, daß er an die allgegenwärtige Gottheit im wahren Sinn des Wortes glaubt. Genau so wie wir die Gegenstände wahrnehmen, wenn ihre Bilder ins Hirn gelangen,

so muß auch Gott jedes Ding empfinden, da er immer bei ihm ist. Er nimmt an, Gott sei sowohl in dem von Körpern freien Raum als auch dort anwesend, wo es Körper gibt. Aber da er der Meinung ist, eine solche Formulierung sei zu plump, will er so schreiben: „Welche Ursache schrieben die Alten der Gravitation zu?“

Das andere Extrem bestand in der Tendenz, den absoluten Raum aus Erwägungen über den Zusammenhang mit Lichtausbreitung und Gravitation ein stoffliches Substrat zuzuschreiben. Betrachtungen über die Lichtfortpflanzung führten Newton mehrfach zur hypothetischen Annahme des sogenannten Äthers, den er zum Beispiel im Jahre 1675 folgendermaßen beschrieb: „Wir nehmen an, daß der Äther der Luft ähnlich, jedoch feiner und elastischer ist; er ist nicht gleichförmig und besteht aus einer gewissen groben Materie und verschiedenen ätherischen Flüssigkeiten . . .“ Wir heben aus dieser Hypothese die ausgesprochen mechanistische Beschreibung des Äthers hervor.

Die Unsicherheit Newtons geht sogar noch weiter, als sich aus der Gegenüberstellung seiner beiden Standpunkte ersehen läßt. Als Newton den absoluten Raum mit der „wahren Bewegung“ in Zusammenhang brachte, hatte er geschrieben, daß „die Teile jenes unbeweglichen Raumes, in denen die Körper sich wahrhaft bewegen, nicht sinnlich erkannt werden können“. Sollte sich dahinter etwa eine Vorahnung späterer Ansichten über den Raum verbergen?

Unterdessen aber sollte, wie angedeutet, eine Variante der Newtonschen Auffassungen vom absoluten Raum ein tragendes Element der Physik in den nächsten Jahrhunderten bilden: die Verquickung der Theorie vom absoluten Raum mit der Ätherhypothese, entsprechend der mechanistischen Ära in der Physik. Gerade aus dieser Verquickung heraus sollte später das Problem des absoluten Raumes und der absoluten Zeit von der Physik aufgerollt und gelöst werden. Wir sind daher weit entfernt davon, die Auffassungen Newtons etwa als Unsinn zu betrachten. Zu einem ähnlich gelagerten Fall überholter physikalischer und chemischer Auffassungen, den Hypothesen von Phlogiston und Wärmestoff, hatte Friedrich Engels ausdrücklich bemerkt, daß unter dem Leitstern dieser Hypothesen „eine Reihe höchst wichtiger Gesetze entdeckt“ und „durch hundertjährige experimentelle Arbeit erst das Material geliefert“ wurde, mit deren Hilfe es gelang, neue Theorien aufzustellen.

Den enzyklopädisch gebildeten Klassikern der deutschen Philosophie konnte allerdings die Problematik der Newtonschen Auffassung nicht entgehen. Kant spricht in der „Kritik der reinen Vernunft“ von denjenigen, die Raum und Zeit als „subsistierend“ annehmen, als von der „Partei der mathematischen Naturforscher“. Die Anspielung auf Newton ist deutlich genug. Kant bemerkt, sie müßten zwei „für sich bestehende Undinge (Raum und Zeit) annehmen, welche da sind (ohne daß doch etwas Wirkliches ist), nur um alles Wirkliche in sich zu befassen“. Man darf aber nicht übersehen, daß Kant die Schwäche der Newtonschen Auffassung nur beheben zu können glaubte, indem er sie ins Subjektiv-Idealistische transponierte. In Anbetracht jener „Ungereimtheit“ Newtons sieht er den subjektiven Idealisten Berkeley gerechtfertigt, und der absolute Raum erscheint in Kants „Transzendentaler Ästhetik“ wie bei Newton, nur eben als subjektive Vorstellung.

Es kann allerdings hier angemerkt werden, daß Kant in seiner Schrift „Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte“ aus dem Jahre 1746 die materialistische

und — wie wir noch sehen werden — auch sonst sehr weitschauende Ansicht geäußert hatte: „Es ist leicht zu erweisen, daß kein Raum und keine Ausdehnung sein würden, wenn die Substanzen keine Kraft hätten, außer sich zu wirken. Denn ohne diese Kraft ist keine Verbindung, ohne diese keine Ordnung, und ohne diese endlich kein Raum.“

Schließlich hat auch Hegel die Fragwürdigkeit der Newtonschen Konzeption bemerkt, was mit folgenden Stellen aus dem „System der Philosophie“ belegt werden kann: „Eine Hauptfrage war, ob der Raum für sich real sei oder nur eine Eigenschaft der Dinge. Sagt man, er ist etwas Substantielles für sich: so muß er wie ein Kasten sein, der, wenn auch nichts darin ist, sich doch als ein Besonderes für sich hält. Der Raum ist aber absolut weich, er leistet durchaus keinen Widerstand; von etwas Realem fordern wir aber, daß es unverträglich gegen anderes sei. Man kann keinen Raum aufzeigen, *der* Raum für sich sei . . .“ — „Die Zeit ist nicht gleichsam ein Behälter, worin Alles wie in einen Strom gestellt, der fließt, und von dem es fortgerissen und hinuntergerissen wird. Die Zeit ist nur diese Abstraction des Verzehrens. Weil die Dinge endlich sind, darum sind sie in der Zeit: nicht weil sie in der Zeit sind, darum gehen sie unter; sondern die Dinge selbst sind das Zeitliche, so zu sein ist ihre objective Bestimmung. Der Prozeß der wirklichen Dinge selbst macht also die Zeit . . . *Die Dauer* ist das Allgemeine dieses Jetzts und jenes Jetzts, das Aufgehobensein dieses Prozesses der Dinge, die nicht dauern. Dauern Dinge auch, so vergeht die Zeit doch und ruht nicht; hier erscheint die Zeit als unabhängig, und unterschieden von den Dingen. Sagen wir aber die Zeit vergeht doch, wenn auch Dinge dauern, so heißt das nur: wenn auch einige Dinge dauern, so erscheint doch Veränderung an andern Dingen, z. B. im Laufe der Sonne; und so sind die Dinge doch in der Zeit. Die allmähliche Veränderung ist dann die letzte seichte Zuflucht, um den Dingen doch Ruhe und Dauer zuschreiben zu können. Stände alles still, selbst unsere Vorstellung: so dauerten wir, es wäre keine Zeit da. Die endlichen Dinge sind aber alle zeitlich, weil sie der Veränderung über kurz oder lang unterworfen sind; ihre Dauer ist mithin nur relativ.“

Gegen die Newtonsche Konzeption wurden schließlich aus der „Partei der mathematischen Naturforscher“ selbst Einwände laut. Daß sie aber *nicht* aus dem Lager der Physiker kamen, zeigt, wie lebenskräftig für die in Frage kommende Zeit dort noch die Newtonschen Hypothesen waren. Die Einwände kamen von den Geometern und wurden hervorgerufen teils durch die Entwicklung der Geometrie, teils durch spontane materialistische Anschauung. Nichtsdestoweniger haben die „rein“ mathematischen Argumente eine gewisse selbständige Bedeutung.

Gauß, Bolyai, Lobatschewsky und Riemann schufen die Grundlagen einer neuen Geometrie, in der die herkömmliche euklidische Geometrie als Grenzfall enthalten ist. Danach gibt es mathematische Räume mit den verschiedensten Krümmungen, nach Riemann sogar mit Krümmungen, deren Maß von Punkt zu Punkt verschieden sein kann. Zwar ist damit noch nicht das geringste über eine etwaige Krümmung des realen absoluten Raumes gesagt. Soweit aber Newtons Auffassung vom absoluten Raum auf Spekulation beruht, kann sie spekulativ angegriffen werden. Und dazu bietet Riemanns Geometrie eine Handhabe. „Setzt man voraus, daß die Körper unabhängig vom Ort existieren, so ist das Krümmungsmaß überall konstant . . .“ Tatsächlich, was sollte sonst Veranlassung geben, das Krümmungsmaß als variabel anzunehmen, als eine etwaige Beeinflussung des Raumes

durch die Körper? Wenn eine solche Beeinflussung aber von Newton ausgeschlossen wird, ist jede andere Auffassung vom Raum als die, konstantes Krümmungsmaß zu haben, überflüssig, unnatürlich, genauso gekünstelt wie die Konstruktion zusätzlicher Epizyklen bei den Ptolemäikern. So weit also die Newtonsche Konzeption Hypothese ist, kann ihr jetzt die Hypothese vom Raum veränderlichen Krümmungsmaßes entgegengehalten werden. Das ist das erste Argument vom Standpunkt der Geometrie gegen Newton, allerdings von Riemann nicht ausdrücklich als solches gebraucht.

Dieses Argument darf aber nicht unterschätzt werden. Die Autorität der Vorstellung vom absoluten Raum besteht ja nicht nur in den Erfahrungen ungezählter Generationen, sondern diese Erfahrungen führen zu dem Vorurteil, den absoluten Raum gar nicht anders denken zu *können* als euklidisch — eine Folge der Autorität, die die Autorität selbst stützt. Diese Überzeugung von der subjektiven Notwendigkeit jener Vorstellungen wird gerade dadurch erschüttert, daß die Mathematik zeigt, wie das Denken sehr viel weiter reicht als die Vorstellung und uns lehrt, daß man innerhalb der subjektiven Sphäre gegen die Autorität der Vorstellung die Autorität des Denkens geltend machen kann.

Aber die verbreitete Ansicht, die bloße mathematische Theorie der nicht-euklidischen Geometrie widerlege Kants subjektiven Idealismus in der transzendentalen Ästhetik, bedarf der Präzisierung. Kant behandelt den Raum als „notwendige Vorstellung a priori“ zunächst völlig unabhängig von irgendwelchen Geometrien. Der Raum wird, in heutiger Sprechweise zu reden, nur im Sinne der Topologie gefaßt. Erst danach stellt Kant eine Verbindung mit der Geometrie her, wobei die zweite Auflage der „Kritik der reinen Vernunft“ gegenüber der ersten einige Abweichungen enthält. In der ersten Auflage charakterisiert Kant durch ein Beispiel die Geometrie als euklidisch. Dieser Hinweis fehlt in der zweiten Auflage. Beiden Auflagen ist aber das Operieren mit der *apodiktischen* Gewißheit *aller* geometrischen Grundsätze gemeinsam, einer Gewißheit, die allerdings schon durch das bloße Ausdenken einer widerspruchsfreien nichteuklidischen Geometrie hinfällig wird. In der zweiten Auflage erscheint das Verhältnis zwischen Geometrie und Raumvorstellung klarer als in der ersten, und zwar das eine als notwendige und hinreichende Bedingung des anderen. Sofern Kant aber vorher den Raum nur topologisch charakterisiert hatte, hat er jetzt seine Raumvorstellung a priori sozusagen überbestimmt, zu seinem eigenen Schaden. Andererseits gibt dieser Umstand dem heutigen Kantianer die Möglichkeit, sich aus der Affäre zu ziehen, die mit der Konzipierung der nichteuklidischen Geometrie für ihn entstanden ist. Das ist übrigens eine Möglichkeit, die von Rudolf Carnap in seiner Dissertation (Jena 1921) zur Verteidigung Kants tatsächlich ausgenutzt wurde, für uns aber ein Grund, die Wirksamkeit des rein geometrischen Arguments Kant gegenüber nicht zu überschätzen.

Die Opposition der Geometer gegen Newton (und zugleich auch gegen Kant) ging aber viel weiter und beruhte auf Erwägungen solcher Art: Wenn es möglich ist, verschiedene, nichteuklidische Geometrien auszudenken, so ist die Frage nach einem etwaigen objektiv-realen Korrelat dieser verschiedenen Geometrien erlaubt. Für Gauß, der nicht nur „reiner“ Mathematiker, sondern leidenschaftlicher praktischer Geodät war, schien sich von selbst zu verstehen: Wenn innerhalb der „reinen“ Mathematik verschiedene Geometrien möglich sind, so kann nur durch praktische Messung die Frage entschieden werden, welche

Geometrie der Welt adäquat ist: „Wir müssen in Demut zugeben, daß der Raum auch außer unserem Geiste eine Realität hat, der wir a priori ihre Gesetze nicht vollständig vorschreiben können.“ — „Die Annahme, daß die Summe der drei Winkel (im Dreieck. R. Th.) kleiner sei als 180 Grad, führt auf eine eigene ... Geometrie, ... die ich ... ausgebildet habe, so daß ich jede Aufgabe in derselben lösen kann, mit Ausnahme der Bestimmung einer Konstante, die sich a priori nicht ausmitteln läßt.“

Wie wir wissen, war das von Gauß zu diesem Zweck vermessene Dreieck, das aus den Bergen Brocken, Hoher Hagen und Inselsberg gebildet wird, zu klein, um ein meßbares Resultat zu erhalten.

Jedenfalls war für Gauß die Frage nach der Gültigkeit einer bestimmten Geometrie zugleich die Frage nach den metrischen Eigenschaften des realen Raumes. Diese seine Einstellung, die einen kritischen Standpunkt gegenüber Kant auch expressis verbis zum Ausdruck bringt, reicht allerdings nur so weit zur Kritik an Newton wie jenes Argument, von dem soeben die Rede war. Einen durchaus kritischen Standpunkt zu Newton erlangte aber Lobatschewsky, russischer Mathematiker und Materialist im 19. Jahrhundert. Lobatschewskys Auffassung schließt die Gedanken ein, die auch Gauß zu eigen waren. Aber Lobatschewsky sieht die Art der Geometrie und damit die metrischen Eigenschaften des Raumes in Abhängigkeit von der materiellen Bewegung: „... eines ist allerdings unzweifelhaft, nämlich, daß die Kräfte alles selbst erzeugen: Bewegung, Geschwindigkeit, Zeit, Maße, sogar Entfernung und Winkel.“ — „... es kann sein, daß einer solchen (nicht-euklidischen) Geometrie die molekularen Kräfte folgen, ...“ Lobatschewsky zog selbst den Schluß auf die Nichtigkeit der Newtonschen Konzeption: „... deshalb existiert nicht der Raum für uns als etwas Selbständiges, Getrenntes.“

Bernhard Riemann zieht ebenfalls in Betracht, daß die Maßverhältnisse des Raumes „in darauf wirkenden bindenden Kräften gesucht werden“ könnten. „Die Entscheidung dieser Fragen kann nur gefunden werden, indem man von der bisherigen durch die Erfahrung bewährten Auffassung der Erscheinungen, wozu Newton den Grund gelegt, ausgeht und diese durch Tatsachen, die sich aus ihr nicht erklären lassen, getrieben allmählich umarbeitet; solche Untersuchungen, welche, wie die hier geführte, von allgemeinen Begriffen ausgehen, können nur dazu dienen, daß diese Arbeit nicht durch die Beschränktheit der Begriffe gehindert und der Fortschritt im Erkennen des Zusammenhangs der Dinge nicht durch überlieferte Vorurteile gehemmt wird. Es führt dies hinüber in das Gebiet einer andern Wissenschaft, in das Gebiet der Physik ...“ Es war bemerkt worden, daß Kant schon 1746 als philosophischer Betrachter der Natur eine ähnliche Auffassung vertreten hatte. Aber auch jetzt müssen wir uns durch die Philosophie einige Hinweise erteilen lassen, ehe wir in die physikalische Argumentation eintreten, die Riemann vorausgesagt hatte.

(wird fortgesetzt)

# Aufbau

KULTURPOLITISCHE  
MONATSSCHRIFT

BHIL UTITZ

Vier Überlegungen zum Problem  
des Realismus

LOUIS ARAGON JEAN COCTEAU

Gespräche über die Dresdner Galerie

BODO UHSE

Zwei Erzählungen

6  
57

AUFBAU-VERLAG BERLIN

GELEITET VON BODO UHSE

REDAKTIONSBEIRAT: ALEXANDER ABUSCH

JOHANNES R. BECHER GÜNTER CASPAR

H. HEINRICH FRANCK STEPHAN HERMLIN

ALEXANDER METTE ALFRED MEUSEL

MAX SCHROEDER ERICH WENDT



# Aufbau

KULTURPOLITISCHE MONATSSCHRIFT

## INHALT

- Bodo Uhse*: Von kleinen und großen Dingen 347  
*Emil Utitz*: Vier Überlegungen zum Problem des Realismus 349  
*Louis Aragon* / *Jean Cocteau*: Gespräche über die Dresdner Galerie 361  
*Fritz Cremer* / *Heinz Lüdecke* / *Herbert Bode*: Sozialistische Kunst –  
Sozialistischer Realismus 374  
*David Scheinert*: Gedichte 388  
*Bodo Uhse*: Zwei Erzählungen 393  
*Richard Christ*: Zum Spätwerk Alfred Döblins 618  
*Rainer Thiel*: Newton, Marx und Einstein 623

## NOTIZEN 638

## LITERATURKRITIK

- Von der Veränderung der Welt, Umschau 642

## ILLUSTRATIONEN

- Rembrandt van Rijn 360, 364, 366 – Jan Vermeer van Delft 369 – Käthe  
Kollwitz 377, 379 – Francisco Goya 381 – Fritz Cremer 383, 385 – Max  
Hauschild 391, 393 – José Venturelli 606

## NEWTON, MARX UND EINSTEIN\*

Der moderne Materialismus zieht das erkenntnistheoretische Fazit aus der bisherigen Entwicklung der Anschauungen von Raum und Zeit. Die Kraft seiner Argumente beruht weniger auf einer speziellen Analyse des Problems als vielmehr in der genügend überprüften Richtigkeit seiner allgemeinen erkenntnistheoretischen Konzeption, innerhalb deren das Raum-Zeit-Problem der Lösung zunächst dadurch näher gebracht wird, daß die Wurzeln früherer Auffassungen bloßgelegt werden. In diesem Zusammenhang sind Ausführungen Feuerbachs von großer Bedeutung: „Der Mensch zieht aus der Natur ... vermittelt ... der Abstraktion das Ähnliche, Gleiche, Gemeinschaftliche heraus, sondert es ab von den Dingen, die sich gleichen oder gleichen Wesens sind, und macht es nun im Unterschiede von demselben als ein selbständiges Wesen zu ihrem Wesen. So zieht z. B. der Mensch von den sinnlichen Dingen Raum und Zeit als allgemeine Begriffe oder Formen ab, in welchen sie alle miteinander übereinkommen, indem sie alle ausgedehnt und veränderlich sind ... Obgleich aber der Mensch Raum und Zeit von den räumlichen und zeitlichen Dingen abstrahiert hat, so setzt er ihnen doch dieselben, als die ersten Gründe und Bedingungen ihrer Existenz voraus. Er denkt sich daher die Welt, d. h. den Inbegriff der wirklichen Dinge, den Stoff, den Inhalt der Welt *im* Raum und *in* der Zeit entstanden.“

Diese Kritik an Newton ist — das darf ohne Übertreibung gesagt werden — vernichtend, aber sie enthält zugleich den Ansatz zu einer historisch gerechten Beurteilung. Newtons Irrtum ist derselbe, den die Menschheit in zahllosen anderen Fällen begangen hat und heute noch begeht. Feuerbachs Kritik gibt den Schlüssel zum Nachweis, wie Newtons Auffassung entstanden ist. Es darf natürlich auch nicht übersehen werden, daß Newtons Auffassung zugleich der letzte *abstrakte* Rest der mittelalterlichen Kristallsphärenauffassung vom Himmelsraum und dabei dieser gegenüber ein großer Fortschritt gewesen ist. Newtons Auffassung ist daher nicht schlechthin hausbacken, wie sie heute von Physikern manchmal charakterisiert wird, sondern gesetzmäßige Stufe im Gang der Erkenntnis. Wawilows Wort „Newton zwang Jahrhunderte, in seiner Weise zu denken“, ist richtig, weil Newton in der Weise von Jahrhunderten dachte. Aber seine Auffassung ist nichtsdestoweniger so illusionär wie die Religion, wenigstens in der von Feuerbach aufgezeigten Hinsicht. Interessant ist zu sehen, wie Newton selbst beiläufig einiges Licht auf die Entstehung des Begriffs „absolute Zeit“ wirft: „Die *absolute* Zeit wird in der Astronomie von der *relativen* durch die Zeitgleichung unterschieden ... Die Notwendigkeit dieser Gleichung wird aber sowohl durch die Anwendung einer Pendeluhr, als auch durch die Verfinsterungen der Jupiter-Trabanten erwiesen.“ Also: die absolute Zeit wird

\* Fortsetzung aus Heft 5/57.

gleichgesetzt denjenigen Vorgängen, die man für die regelmäßigsten hält. Das ist gerade der Gedanke, an den wir bald anknüpfen werden.

Friedrich Engels hat im Zuge erkenntnistheoretischer Erörterungen ebenfalls die Frage von Raum und Zeit gestreift und diejenigen verspottet, die sich wundern, daß man den Raum und die Zeit nicht sinnlich wahrnehmen kann. Hieraus erklärt sich die Falschheit der Newtonschen Konzeption, die dazu aufzurufen bestimmt war, sich den Raum als *Etwas vorzustellen*. Die Kritik Kants und vor allem Hegels gegenüber Newton war demnach von richtigem Instinkt geleitet, sie war nur darin schwach, daß sie das „Unding“ verspottete, ohne seine Voraussetzungen aufzudecken oder gar aufzuheben.

Marx skizziert im Vorbeigehen den Prozeß, an dessen Ende der Raum steht als eine *Kategorie*, die es als solche nicht gibt und die schon gar nicht vorgestellt werden kann: „Ist es zum Verwundern, daß, wenn man nach und nach alles fallen läßt, was die Individualität eines Hauses ausmacht, wenn man von den Baustoffen absieht, woraus es besteht, von der Form, die es auszeichnet, man schließlich nur noch einen Körper vor sich hat — daß, wenn man von den Umrissen dieses Körpers absieht, man schließlich nur einen Raum hat ...“ Diese Worte zeigen grob die Tendenz des Abstraktionsprozesses an. Die Frühgeschichte der Geometrie dürfte dazu genügend Belege liefern. Am Anfang des Abstraktionsprozesses steht irgend ein konkretes Ding, das nicht anders sein kann als mit einer bestimmten räumlichen Form. Denken wir dabei im einfachsten Fall an stoffliche Körper im Sinne der Mechanik, dann ist unter Form zu verstehen die — sozusagen — äußere „Hülle“, abgezogen von allem stofflichen Inhalt. Kubus, Quader, Zylinder, Kugel usw. sind schon in hohem Maße verallgemeinerte „reine“ Formen. Von hier aus geht der Weg der Abstraktion weiter zu dem Raum. Der Abstraktionsprozeß, auf die zeitliche Form der Körper und Bewegungen angewandt, ist ähnlich durchgeführt worden.

Damit reduziert sich aber unser Problem auf das Problem „Materie und ihre Form“. Engels bezeichnet daher Raum und Zeit als „Existenzformen der Materie“ und fährt dann fort: „Die Materie und Bewegung kann also gar nicht anders erkannt werden als durch Untersuchung der einzelnen Stoffe und Bewegungsformen ...“ Und deshalb können auch nur konkrete Formen der einzelnen Stoffe, Bewegungen usw. untersucht werden.

Entsprechend der allgemeinen Theorie von Form und Inhalt muß nun angenommen werden, daß innerhalb des dialektischen Verhältnisses von Inhalt und Form der Inhalt das stärker bestimmende Element ist. In unserem speziellen Verhältnis Körper-Existenzform kann der Beweis dafür in der Naturwissenschaft gesucht werden. Beispiel eines solchen Verhältnisses ist etwa die Form eines Wassertropfens, die von der inneren Kohärenzkraft des Wassers bestimmt wird. Natürlich ist „Form“ nicht nur äußere Form, Hülle oder dergleichen, Form in diesem Sinne ist auch die innere Struktur eines Gegenstandes. Soweit ein Körper als undurchdringlich angenommen wird, ist unmittelbar nur seine äußere Form von Interesse für das Auge, für den Tastsinn usw. Bei allen Fällen von irgendwelcher gegenseitiger Durchdringung der Körper ist aber gerade die innere Form (Struktur) von Belang. Die Kunst des Häuers, die Kohle zu brechen, besteht gerade in der Kenntnis der inneren Form (Struktur) des Gebirges.

Es muß allerdings beachtet werden, daß in diesen Hinweisen der Einfachheit halber nur Beispiele aus dem Bereich des Stofflichen im Sinne der traditionellen Physik benutzt

Stendal! Fri/s. Bussier.

gl. und Rubrik S. 406 f.

wurden. Das Gesagte gilt aber mutatis mutandis auch für die nichtstofflichen Arten der Materie, die im letzten Jahrhundert immer mehr Interessengebiet der Physik geworden sind: für die Felder.

Von hier aus werden nun die geschilderten Versuche der Geometer, die in „dem“ Raum gültige Geometrie zu ermitteln, sowie die Hinweise, daß diese Geometrie von den „Kräften“ bestimmt werde, was zu erforschen Aufgabe der Physik sei, voll verständlich. Der absolute Raum Newtons war zugleich Weltraum. Dieser ist aber keineswegs ein solches „Unding“, welches da ist, ohne daß doch etwas Wirkliches ist, sondern er ist in einer bestimmten Weise materiell, was sich uns indirekt anzeigt durch Gravitation und Lichtausbreitung. Die Frage nach der rechten Geometrie ist daher zugleich die Frage nach der inneren Form (Struktur) des Weltraumes, und die Frage nach den „Kräften“, die diese Struktur bestimmen, ist daher ebenso berechtigt wie die Frage nach den Kräften, die das Gebirge zusammenhalten, aus dem der Häuer das Erz zu schlagen hat.

Indessen weist die marxistische philosophische Lehre von Raum und Zeit noch einen weiteren Aspekt auf, der hier kurz behandelt werden muß, weil er in der Diskussion eine Rolle spielt. Für die Erkennbarkeit von Raum und Zeit gilt hier dasselbe wie für alles objektiv Reale, es gilt die Theorie von der relativen und absoluten Wahrheit. Auf Raum und Zeit angewandt, besagt diese Theorie, wenn man von den rein mathematischen Aufgaben absieht:

1) Wir werden die Beziehungen zwischen Raum und Zeit als den Existenzformen der Materie a) untereinander, b) zu den materiellen Körpern, Feldern usw. immer besser kennenlernen. Das ist die Perspektive der Raum-Zeit-Forschung in qualitativer Hinsicht. Hiervon wurde bereits gesprochen.

2) Wir werden die raum-zeitlichen Beziehungen der Körper usw. untereinander genauer kennenlernen, also zum Beispiel die Entfernung zwischen zwei Fixsternen genauer bestimmen. Das ist, die quantitative Seite der Raum-Zeit-Forschung.

3) Die Naturwissenschaft hat schließlich eine ordnungstheoretische Aufgabe zu lösen, indem sie den stufenweisen (hierarchischen) Aufbau der Materie weiter erforscht. Den bisherigen diesbetreffenden Forschungen muß zum Beispiel entnommen werden, daß die Erde die Sonne umkreist, daß die Sonne sich innerhalb des Milchstraßensystems bewegt usw. Hierunter ist auch zu fassen, daß vom Standpunkt der marxistischen Philosophie wie vom Standpunkt der Naturwissenschaft das köpfernikanische System als richtig anzusehen ist, auch wenn einige zeitgenössische Physiker behaupten, daß dem ptolemäischen System gleiche Berechtigung zukäme. Die von Einstein formulierten Grundlagen der allgemeinen Relativitätstheorie schließen in beiläufigen, aber unüberschbaren Bemerkungen eine solche Gleichsetzung aus.

Unterdessen sind wir in der Skizzierung der philosophischen und naturwissenschaftlichen Entwicklung der Raum-Zeit-Auffassung zu dem Punkt gelangt, an dem die Physik mit vorher nie dagewesener Konsequenz an die Bearbeitung des Problems heranging, und zwar gerade in dem Sinn, den wir in den Voraussagen jener geschichtlichen Gestalten kennengelernt hatten.

Wie bekannt, wurde Ende des vorigen Jahrhunderts von Michelson der Versuch unternommen, die absolute Bewegung der Erde, ihre Bewegung im Äthermeer — Inbegriff des



absoluten Koordinatensystems — nachzuweisen. Der Versuch, der mit Hilfe kohärenter Lichtstrahlen ausgeführt wurde, zeigt eine völlig isotrope, das heißt kugelförmige Ausbreitung des Lichts, so daß man hätte annehmen können, die Erde ruhe im Äthermeer, oder sie führe rings um sich eine „Ätherwolke“ mit. Beide Annahmen sind aber für die Deutung des Versuchsergebnisses nicht zu gebrauchen. Daß die erste Annahme ausscheidet, versteht sich von selbst. Die zweite Alternative zu wählen verbietet aber der Schluß, der aus dem Fizeau-Versuch gezogen werden muß, sowie auch entsprechende Beobachtungen in größeren Höhen.

Die Physiker standen damit vor der Aufgabe, die isotrope Ausbreitung des Lichts anderweitig zu erklären. Unter anderen bemühte sich H. A. Lorentz um eine Deutung. Lorentz arbeitete einen Ansatz aus, nach welchem Körper, mit der Geschwindigkeit  $v$  bewegt, in der Bewegungsrichtung eine Kontraktion erfahren. Später entwickelte Lorentz Formeln zur Interpretation der Erscheinungen, die in der durch Einstein verbesserten Gestalt unter dem Namen „Lorentztransformation“ bekannt geworden sind.

In seiner Arbeit „Zur Elektrodynamik bewegter Körper“ entwickelte Einstein eine Theorie, die gleichfalls der Erklärung des Michelsonschen Versuchsergebnisses diente und welche die Transformationsformeln enthält, von denen eben die Rede war. Einstein setzt in seiner Theorie die folgenden beiden Prinzipien voraus:

1) „Die Gesetze, nach denen sich die Zustände der physikalischen Systeme ändern, sind unabhängig davon, auf welches von zwei relativ zueinander in gleichförmiger Translationsbewegung befindlichen Koordinatensystemen diese Zustandsänderungen bezogen werden“ (Relativitätsprinzip).

2) „Jeder Lichtstrahl bewegt sich im ‚ruhenden‘ Koordinatensystem mit der bestimmten Geschwindigkeit  $v$ , unabhängig davon, ob dieser Lichtstrahl von einem ruhenden oder bewegten Körper emittiert ist.“

Außerdem werden einige Definitionen gegeben, die für die Lösung des Problems von größter Tragweite sind. Im übrigen läßt man sich nicht durch den Ausdruck „Koordinatensystem“ irreführen. „Koordinatensystem“ ist das mathematisch-abstrakte Symbol für irgendwelche Körper usw., deren physikalische und chemische Beschaffenheit in dem betreffenden Zusammenhang gar nicht interessiert.

Aus diesen Voraussetzungen lassen sich ohne wesentliche Zusatzannahmen die Lorentztransformationen ableiten. Umgekehrt folgt aus diesen die Unabhängigkeit der Lichtausbreitung vom Bewegungszustand des Systems, woraus ersichtlich wird, daß die Lorentztransformation mit den Prinzipien gleichwertig ist. *Vorläufig* können wir die Lorentztransformation als ein Gesetz auffassen, das die eingangs erwähnten bemerkenswerten Aussagen enthält: Gegenüber einem als ruhend angenommenen System wird ein bewegtes System in seiner Bewegungsrichtung um einen bestimmten Betrag kürzer, und Vorgänge in jenem bewegten System verlaufen langsamer als im ruhenden, und zwar unter sonst gleichen physikalischen Bedingungen. Aus den Transformationsformeln können bequem weitere Folgerungen gezogen werden, in denen der Inhalt der Prinzipien noch detaillierter zutage tritt. Man kann heute feststellen, daß die Lorentztransformation vor allem anhand der abgeleiteten Folgerungen zur Genüge in der physikalischen und technischen Praxis überprüft sind, wobei sich kein Widerspruch zur Theorie ergeben hat. Wir fragen

nun nach der erkenntnistheoretischen Bedeutung der Lorentztransformation, und zwar zunächst nach ihrem erkenntnistheoretischen „Gewicht“ und dann nach ihrem Inhalt.

Es fällt auf, daß Einstein mit den angeführten Prinzipien den Michelson-Versuch in einer ganz bestimmten Weise interpretierte. Einstein war nur verpflichtet, gewisse Eigenheiten der Ausbreitung des Lichts axiomatisch zu erfassen. Das geschieht durch den Satz: Wenn in einem Koordinatensystem  $S$  das Licht sich isotrop ausbreitet, das heißt in Form einer Kugelwelle, so erfolgt die Lichtausbreitung, im Gegensatz zu allen Erwartungen, auch kugelförmig in einem System  $S'$ , das zu dem System  $S$  gleichförmig und geradlinig bewegt ist. Man beachte aber, daß die isotrope Ausbreitung des Lichts im System  $S$  hier in Form einer Hypothese ausgesprochen werden mußte. Wir werden die Notwendigkeit einer solchen vorsichtigen Formulierung später noch kennenlernen.

Der angeführte Satz läßt hinsichtlich seiner weiteren Entwicklung mindestens zwei Möglichkeiten zum Anknüpfen. Bringt man nämlich die jeweils kugelförmige Ausbreitung des Lichts in den beiden Systemen durch mathematische Gleichungen zum Ausdruck, so erkennt man sofort, daß dies formal genommen mindestens zwei Varianten zuläßt: Entweder hat die Lichtgeschwindigkeit  $c$  in beiden Systemen denselben Wert, und das Zeitmaß (Zeitkoordinate)  $t$  ist im Gegensatz zur herkömmlichen und insbesondere Newtonschen Auffassung systemabhängig, oder die Lichtgeschwindigkeit hat in beiden Systemen verschiedene Werte, und die Zeitkoordinate ist unabhängig davon, ob wir es mit einem bewegten oder ruhenden System zu tun haben. Im letzteren Fall wären die Formeln der Lorentztransformation gegenüber ihrer gebräuchlichen Gestalt zu modifizieren.

Einstein entschied sich für ersteres. Dem entspricht das Relativitätsprinzip und das Prinzip von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit. Dieses Prinzip erhält aber einen genauen Sinn nur durch eine Definition der Lichtgeschwindigkeit, die ihrerseits eine ähnliche Verflechtung von  $c$  und  $t$  enthält wie die Gleichungen der isotropen Lichtausbreitung. Es zeigt sich nämlich, daß man der Lichtgeschwindigkeit eine gewisse ursprüngliche Bedeutung zuschreiben und mit ihrer Hilfe den Begriff „Zeitdauer“ definieren kann, wie es Einstein tat. Man hätte aber formal auch dem Begriff „Zeitdauer“ eine gewisse ursprüngliche Bedeutung geben und mit seiner Hilfe die Lichtgeschwindigkeit definieren können. Das bedeutet wiederum, daß Einstein die Freiheit hatte, zwischen mindestens zwei Alternativen zu wählen. Allerdings determiniert diese Entscheidung im Zusammenhang mit dem Ergebnis des Michelson-Versuches im wesentlichen die vorgenannte Entscheidung, die Einstein in seinen Prinzipien getroffen hatte.

Es ist gelegentlich behauptet worden, die hier getroffenen Entscheidungen seien willkürlich. Dieser Eindruck konnte auch dadurch bei oberflächlichem Betrachten hervorgerufen werden, weil Einstein nicht ausdrücklich die Gedanken dargelegt hatte, die ihn innerhalb der gegebenen Freiheiten zu seiner Wahl bestimmten. Es war schon angedeutet worden, daß hier Axiome bzw. Definitionen zur Wahl standen. Definitionen sowie auch Axiome sind ja gerade diejenigen grundlegenden Sätze einer Theorie, die innerhalb dieser Theorie einer Begründung nicht fähig sind. Vom Standpunkt der betreffenden Theorie können daher Definitionen gar nicht anders als „willkürlich“ gegeben werden. Daß es aber jeweils außerhalb der betreffenden Theorie Gründe gibt, mit denen die Definitionen motiviert werden können und müssen, ist ebenso klar. Unter einem Gesichts-

punkt, der es ermöglicht, diese Gründe zu sehen, braucht eine Definition *nicht* mehr willkürlich zu sein. Es bedarf nur eines Hinweises auf ein bedeutendes wissenschaftsgeschichtliches Ereignis, um plausibel zu machen, daß solche Verfahrensweise durchaus natürlich ist. Kopernikus konnte seinerzeit den Heliozentrismus strenggenommen auch nur per definitionem behaupten. Was damals für den Heliozentrismus sprach, waren weniger rein astronomische Erwägungen als vielmehr philosophische.

Der erkenntnistheoretische *Inhalt* der Lorentztransformation läßt sich am besten sichtbar machen, wenn man die Definitionen diskutiert, die nach der Einsteinschen Fassung der speziellen Relativitätstheorie aus dem Jahre 1905 der Lorentztransformation zugrunde liegen.

Der für uns interessante Kern dieser Definitionen besteht in der Festsetzung des Begriffs „gemeinsame Zeit zweier Ereignisse an Orten A und B, die voneinander entfernt sind“.

Einstein beginnt mit der trivialen Feststellung, daß „unsere Urteile, in welchen die Zeit eine Rolle spielt, immer Urteile über *gleichzeitige Ereignisse* sind“. In Erwartung der daraus resultierenden Problematik analysiert Einstein zunächst den Begriff „Gleichzeitigkeit zweier Ereignisse an ein und demselben Ort“ bzw. „gemeinsame Zeit zweier Ereignisse an ein und demselben Ort“. (Formulierungen von R. Th.) Einstein gebraucht diese Ausdrücke synonym. Wir werden sehen, mit welchem Recht.

Einstein geht aus von einem Beispiel, hinter dem man leicht die Verallgemeinerung aller Urteile über gleichzeitige Ereignisse erblickt. Das Urteil „jener Zug kommt hier um 7 Uhr an“ bedeutet nach Einstein: „Das Zeigen des kleinen Zeigers meiner Uhr auf 7 und das Ankommen des Zuges sind gleichzeitige Ereignisse.“ Dabei wird die Relation „gleichzeitig“ als evident angesehen. Frage ist aber, ob man die Stellung des Uhrzeigers als Ausdruck der „Zeit“ gebrauchen darf, wie das hier geschieht. Die Zuordnung von Zeit und Uhrzeigerstellung läßt sich aber durch erkenntnistheoretische Erörterungen stützen:

Es gibt in der Natur nicht „die Zeit“, wie bereits Engels gelehrt hatte, sondern Vorgänge, von denen, wenn man sie paarweise vergleicht, der eine als Maß des anderen genommen werden kann. Im Laufe vieler Jahrtausende stellte sich in der Praxis heraus, daß man einen bestimmten Vorgang, der dazu auf Grund spezifischer objektiver Merkmale geeignet ist, als praktischsten Maßstab für alle anderen Vorgänge benutzen kann. Man vergleicht dann nicht mehr zwei Vorgänge A und B direkt miteinander, sondern man vergleicht etwa A mit C und B mit C. Für den Fall, daß  $A = C$  und  $B = C$ , hat man dann nach dem Gesetz der Transitivität, das bei ebenderselben Praxis erst intuitiv, dann begrifflich erfaßt wurde, auch das Resultat  $A = B$ . Solche allgemeinen Maßstäbe bilden sich jedoch in der Praxis des Vergleichens unter den verschiedensten Gesichtspunkten. Man sieht leicht ein, daß nach dem Gesagten zum Beispiel das Pariser Urmeter und seine Kopien bzw. die rote Cadmiumlinie oder ähnliches allgemeine Äquivalente und zugleich Ausdruck und Inbegriff von „Länge“ geworden sind.

Nicht anders bildet sich die mit dem Eintreffen der Sonnen- bzw. Fixsternstrahlen auf der Erde synchronisierte Uhr als allgemeines Äquivalent, als Inbegriff und Ausdruck von „Zeit“ heraus, wobei die überragende Bedeutung, die das Eintreffen von Lichtstrahlen auf der Erde für die Natur und die ganze Praxis der Menschen hat, die Herausbildung

von derart synchronisierten Uhren als Äquivalent von vornherein bedingt hat. Man braucht nur daran zu erinnern, daß die Sonnenuhren unmittelbarer Ausdruck des realen Maßes gewesen sind, an dem die Menschen das Zeitliche aller anderen Vorgänge gemessen haben. „Gemeinsame Zeit zweier Ereignisse“ heißt dann „Gleichzeitigkeit dieser Ereignisse“ — was als evident angenommen wird, soweit die Betonung auf „gleich“ liegt —, und ein Prozeß, der eines dieser Ereignisse enthält, ist Inbegriff von „Zeit“. Auch der Gang einer Uhr ist in diesem Sinne Prozeß, die Stellung eines Uhrzeigers in diesem Sinne Ereignis. Es war vermerkt worden, daß Newton selbst — mit dem wir ja in der Auseinandersetzung stehen — einen ähnlichen, an diesen heranreichenden Gedanken niedergeschrieben hatte, allerdings ohne sich der Tragweite dessen bewußt zu sein.

Bei der Definition des Begriffs „gemeinsame Zeit zweier Ereignisse an verschiedenen Orten“ setzt Einstein den Begriff „Zeit zweier Ereignisse an ein und demselben Ort“ voraus. Ausgehend von der Tatsache, daß die Ortszeit jeweils durch lokale Uhren repräsentiert wird, sucht Einstein eine Möglichkeit, Uhren an verschiedenen Orten zu synchronisieren. Er verallgemeinert dabei die in der klassischen Physik übliche und bewährte Methode: „Es gehe nämlich ein Lichtstrahl zur ‚A-Zeit‘  $t_A$  von A nach B ab, werde zur ‚B-Zeit‘  $t_B$  in B gegen A zu reflektiert und gelange zur ‚A-Zeit‘  $t'_A$  nach A zurück. Die beiden Uhren laufen definitionsgemäß synchron, wenn

$$t_B - t_A = t'_A - t_B$$

Statt dessen kann man auch schreiben:

$$t_B = \frac{1}{2} (t_A + t'_A)$$

Indessen enthält die angegebene Definition eine Voraussetzung — von Einstein explicit angegeben —, auf die die Ausführungen über „Willkür“ (s. o.) zu beziehen sind. Die Synchronitätsbeziehung wird nämlich nur sinnvoll, wenn angenommen wird, daß das Licht auf dem Wege von A nach B dieselbe „Zeit“ braucht wie auf dem Wege von B nach A. Die „Zeit“ wird somit definiert durch die Lichtgeschwindigkeit. Die Messung einer Geschwindigkeit setzt nämlich voraus, daß an den Orten, die Anfang und Ende einer Meßstrecke markieren, gemeinsame Zeit im Sinne der Synchronität hergestellt ist. Man kann daher nicht anders verfahren, als eines der beiden Definienda als evident und ursprünglich anzunehmen und das andere davon abzuleiten.

Die Wahl, die Einstein getroffen hat, indem er die Zeit von der Lichtgeschwindigkeit ableitete, entspricht aber nicht nur aller bisherigen Praxis sowie auch dem Alltagsverstand, sondern sie kann vor allem gestützt werden auf eine Erörterung im Sinne des dialektischen Materialismus. Da der Raum und die Zeit nur gewonnen werden als Abstraktionen von konkreten Prozessen, muß auch in unserem speziellen Fall die Zeit abgenommen und abgeleitet werden von der Lichtgeschwindigkeit, keinesfalls aber umgekehrt. Daher leitet die Physik die Zeit mit Recht von der Bewegung des Lichtes ab und nimmt stillschweigend an, daß durch den Weg, den das Licht etwa in Form der Radiusvektoren einer räumlichen Welle zurücklegt, die Zeit gegeben wird. Die quantitative Beziehung, die die Physik dann zwischen Lichtweg und Zeit herstellt, hat sich nur so gut wie möglich anderweitigen Beziehungen anzupassen. Die Festsetzung besteht dann darin, daß das Licht den gleichen Weg „in der gleichen Zeit“ zurücklegt. Die Lichtausbreitung wird



demzufolge als isotrop aufgefaßt, das heißt das Licht breitet sich in Form einer Kugelwelle aus. Einstein ergänzte dann diese Festsetzung dahingehend, daß das Licht nicht nur beliebige Strecken in „der gleichen Zeit“ zurücklegt, sondern auch bestimmte Strecken in der umgekehrten Richtung „in gleicher Zeit“ durchmißt. Während also in der Praxis auch der klassischen Physik im Gegensatz zu ihrer theoretischen, von Newton geprägten Auffassung von Raum und Zeit stillschweigend und intuitiv die richtige Relation zwischen Lichtgeschwindigkeit und der Zeit gebraucht wurde, bringen die Feststellungen Einsteins den Kern dieser Relation zum Vorschein. Ohne von Marx und Engels zu wissen, hat Einstein die materialistische Lösung des Problems genial erfaßt.

Es ist in diesem Zusammenhang die Frage aufgeworfen worden, wie Einstein in einem derart philosophischen Problem der Physik einen so fruchtbaren Ansatz finden konnte, da Einstein sich zeitweilig von dem Positivist und subjektiven Idealisten Ernst Mach hat beeinflussen lassen. Wer jedoch die Auseinandersetzung aufmerksam verfolgt hat, die Lenin den subjektiven Idealisten mit seinem Werk „Materialismus und Empiriekritizismus“ geliefert hat, und wer davon ausgehend einige einschlägige Arbeiten Ernst Machs gelesen hat, dem wird nicht entgangen sein, daß Mach in einigen speziellen Fragen richtige Anregungen geben konnte.

Mach war zunächst empirisch arbeitender Physiker. Als Geschichtsschreiber der Naturwissenschaft suchte er vielenorts die empirische Entstehung gewisser Begriffe und Anschauungen nachzuzeichnen. Wir hatten aber gesehen, daß die Kritik an Newton unter anderem darin bestand, die empirischen Wurzeln unserer Vorstellungen von Raum und Zeit bloßzulegen. Also ist nichts Verwunderliches dabei, daß Mach eine im Prinzip ähnliche Auffassung von Raum und Zeit erlangte wie die genannten Materialisten. Der erkenntnistheoretische Wert der von Mach einerseits und der von den bewußten, konsequenten materialistischen Philosophen andererseits herausgearbeiteten Grundsätze über Raum und Zeit besteht vor allem darin, daß im letzteren Fall diese Grundsätze integrierende Bestandteile eines wissenschaftlich durchgearbeiteten Systems sind. Die subjektiv-idealistische Konfusion Machs beginnt aber erst jenseits einer gewissen Grenze. Lenin hat diese Grenze angedeutet, als er schrieb: „Aus der Geschichte der Philosophie ist bekannt, daß die Interpretation des Begriffs Erfahrung die klassischen Materialisten und Idealisten voneinander trennte“ (Hervorhebung von mir. R. Th.). Auf Mach bezogen bedeutet dies: Seine idealistische Konfusion beginnt dort, wo er sich vom Konkret-sinnlichen, mit physikalischen Fragestellungen Verbundenen zum Philosophisch-Allgemeinen im engeren Sinn hinbewegt, wo sie freilich in entsprechend fortschreitendem Maße auch immer beträchtlicher wird. Was die Leistung Einsteins anbetrifft, muß man berücksichtigen, daß die Entwicklung der Naturwissenschaft selbst mit elementarer Macht zu gewissen Positionen führt, die vom dialektischen Materialismus vorausgesagt werden. Nur kann dieser Prozeß erheblich verkürzt werden, wenn philosophische Grundsätze bewußt als Anregung benutzt werden. So betrachtet, erscheint die Zeit zwischen dem Michelson-Versuch (1887) und den ersten Entdeckungen Einsteins (1905) als relativ lang. Dabei war Einstein nicht der einzige, der sich mit den so brennenden Fragen beschäftigte. Mehr noch: Man muß die Frage aufwerfen; hätten nicht Physiker mit der Begabung eines Einstein schon um 1870 die Relativitätstheorie konzipieren und den Michelson-Versuch als nachträglichen Beleg

auswerten können? Die Voraussetzungen innerhalb der Physik waren in dieser Zeit durch die Arbeiten Maxwells gegeben. Es fehlte auch nicht an begabten Forschern. Es mangelte an Kenntnis der Philosophie! Und wir behaupten, daß auch heute zum vollen Verständnis der Relativitätstheorie mehr gehört als die Fähigkeit, mit den relativistischen Formeln zu rechnen. Sehr viele Physiker sind sich über die Bedeutung der relativitätstheoretischen Axiome und Definitionen nicht im klaren, weil deren Bedeutung nur erkenntnistheoretisch erfaßt werden kann.

Als soeben davon die Rede war, daß die Physik die Lichtausbreitung als isotrop betrachtet, hatten wir davon abgesehen, daß nach allen Vermutungen, die man vom Standpunkt der Newtonschen Physik aus anstellen konnte, ein Unterschied in der Bewegung der Lichtstrahlen zu erwarten wäre, ja nach dem die Lichtstrahlen entweder in die Bewegungsrichtung ihres Emissionszentrums oder senkrecht dazu zugerichtet sind. Der Versuch zeigt dann, wie oben erwähnt, daß es einen solchen Unterschied nicht gibt. *Daraus folgt aber: Wenn man in einem beliebigen Koordinatensystem die Lichtausbreitung als isotrop annimmt, dann ist sie auch in jedem anderen System isotrop, unabhängig davon, welche gleichförmig-translatorische Relativbewegung zwischen den beiden Systemen stattfindet. Man kann und muß aber in einem System die Lichtausbreitung als isotrop auffassen, wie oben gezeigt wurde.* Die beiden Prinzipien, die Einstein der speziellen Relativitätstheorie voranstellt, entsprechen vollauf diesen Voraussetzungen. Aus ihnen und der Synchronitätsbedingung *folgt dann, daß man sich bei einer system-unabhängigen Konstanz der Lichtgeschwindigkeit für systemabhängige Zeit zu entscheiden hat.*

Die Ableitung der Lorentztransformation aus diesen Voraussetzungen ist dann eine rein mathematische Arbeit.

Es ist nunmehr möglich, anhand des oben gegebenen Programms der Raum-Zeit-Forschung festzustellen bzw. zusammenzufassen, welche Ergebnisse die Lorentztransformation mit sich brachte.

1) Zur qualitativen Aufgabe der Raum-Zeit-Forschung: Die Bestätigung der philosophischen Kritik Newtons von seiten der Physik lag nicht so sehr in der *Aufstellung* der Lorentztransformation. Wie gezeigt, hatte der Michelson-Versuch die Newtonsche Theorie nur in eine Krise geführt; Gewißheit wurde uns erst durch Überlegungen, die mehr erkenntnistheoretisch als physikalisch waren. Die Bestätigung der philosophischen Kritik an Newton liegt daher vorwiegend in der physikalischen Bewährung der Lorentztransformation, die selbst nur Ausdruck der entscheidenden philosophischen Argumente ist, allerdings ein Ausdruck, der konkreter ist, als es erkenntnistheoretische Erwägungen sein können und der dadurch die Brücke von der Philosophie zur Praxis schlägt.

Gegenüber dem Inhalt der Lorentztransformation wurde gelegentlich in Diskussionen geltend gemacht, aus ihr folge zwar die Systemabhängigkeit des *Zeitmaßes*, aber nicht der *Zeit*.

Man nimmt also die einschneidende Änderung der Zeitmessung gegenüber der klassischen Physik zur Kenntnis, läßt aber die Newtonsche Auffassung von der absoluten Zeit bestehen. Gewöhnlich bedient man sich dabei einer Ausdrucksweise, die materialistisch *erscheint*, indem man etwa sagt, daß Ereignisse in zwei gegenseitig bewegten Systemen *objektiv* gleichzeitig seien, *unabhängig* davon, ob die entsprechenden Mes-

sungen dieses oder jenes Ergebnis aufweisen. In dieser Auffassung liegen mehrere Fehler. Zu ihrer Widerlegung genügen aber schon die beiden folgenden Argumente:

a) Von der Relativitätstheorie wird eine objektive Gleichzeitigkeitsrelation nicht geleugnet. Es wird nur gezeigt, daß diese Relation komplizierter ist, als vorher angenommen wurde. Insbesondere hängt diese Relation von der Bewegung der Systeme ab, zwischen deren Ereignissen diese Relation besteht. Es handelt sich auch nicht nur um die Messung als eines Aktes, der mit objektiven Mitteln von einem Subjekt vorgenommen wird, sondern um objektive Verknüpfungen überhaupt, zum Beispiel durch Lichtstrahlen, unabhängig davon, ob diese Lichtstrahlen einem Menschen als Signal dienen oder nicht.

b) Grundsätzlich kann jeder Prozeß als Zeitmaß dienen, wie gezeigt wurde. Wenn wir nun eine Systemabhängigkeit des Zeitmaßes zugeben, so kann dies zweierlei bedeuten: einmal, daß der vom Menschen in der Praxis ausgewählte Prozeß allein gegenüber allen anderen Prozessen eine systemabhängige Veränderung erfährt, zum zweiten, daß die Veränderung sich auf alle Prozesse erstreckt, wobei sie allerdings innerhalb ein und desselben Systems nicht mehr festgestellt werden könnte.

Ein Blick auf die Lorentztransformation genügt, um zu erkennen, was jener mathematische Ausdruck enthält: nämlich eine systemabhängige Veränderlichkeit *aller* Prozesse in zeitlicher (und räumlicher) Hinsicht. Da aber „die Zeit“ weiter nichts ist als eine Abstraktion von allen Prozessen, so kann mit Fug und Recht gesagt werden, daß „die Zeit“ und nicht nur ihr Maß von der gleichförmig-translatorischen Bewegung der Systeme abhängt und im Sinne der Lorentztransformation veränderlich ist. Die „Zeit als solche“ nach Art jener Kritiker im Gegensatz zu ihrem Maß der Kompetenz der Lorentztransformation zu entziehen, bedeutet daher weiter nichts, als angesichts eines *Naturgesetzes* die Tendenz der Newtonschen Lehre von der absoluten Zeit zu verfechten.

Dieselbe Erörterung kann mutatis mutandis für den räumlichen Aspekt der Natur angestellt werden.

Mit der Lorentztransformation ist daher bewiesen, daß das Newtonsche Raum-Zeit-Schema nicht nur philosophisch, sondern auch physikalisch falsch ist. *Raum und Zeit sind von der materiellen Bewegung abhängig*, ihre Abhängigkeit von der Bewegung ist präzise und konkret angegeben.

Wir hatten oben angemerkt, daß zur „qualitativen“ Aufgabe der Raum-Zeit-Forschung auch gehört, daß die Beziehungen zwischen Raum und Zeit selbst untersucht werden. Hier haben uns die Relativitätstheorie Einsteins, besonders aber die dazugehörigen Arbeiten des deutschen Mathematikers Minkowski ein beträchtliches Stück vorangebracht. Das ist nun gerade auch die interessante Frage: Ist die Welt vierdimensional, oder hat sie nur drei Dimensionen?

Jeder weiß, daß man zur räumlichen Charakterisierung eines Ereignisses drei Angaben benötigt. Das entspricht dem Sachverhalt, daß der Raum drei Dimensionen hat, die im alltäglichen Sprachgebrauch als Länge, Breite und Tiefe bezeichnet werden. Will man dieses Ereignis auch noch zeitlich charakterisieren, so ist eine vierte Angabe nötig, eben die Zeitangabe. Prinzipiell läßt sich durch diese vier Angaben jedes Ereignis charakterisieren, und umgekehrt benötigt man mindestens diese vier Daten, um ein Ereignis unverwechselbar und unmißverständlich zu bezeichnen. In diesem Sinne läßt sich also

sagen, daß alles, was geschieht, mindestens diese vier Dimensionen hat: Länge, Breite, Tiefe und Zeit. Der Mathematik macht es nichts aus, zur Darstellung dessen vierdimensionale Koordinatensysteme zu benutzen. Man muß sich allerdings im klaren sein, daß zwischen den erstgenannten drei räumlichen Dimensionen und der zeitlichen Dimension ein beträchtlicher Unterschied besteht, von dem nur die Mathematik abstrahieren darf. Raum und Zeit haben also nach dieser Auffassung je für sich eine selbständige Bedeutung. Das kommt vor allem darin zum Ausdruck, daß der Abstand zweier Ereignisse, und zwar der räumliche und der zeitliche Abstand, jeder für sich genommen, unverändert bleibt, wenn sich das System, in dem die Ereignisse stattfinden, in Bewegung setzt. Nach der speziellen Relativitätstheorie tritt aber gerade hierin eine entscheidende Wandlung ein. Unveränderlich bleibt bei einer Bewegung nur eine Art „Union“ von räumlichem und zeitlichem Abstand, während jede Art des Abstandes für sich genommen eine Veränderung erleidet, wie das aus der Lorentztransformation hervorgeht. Eine wichtige Eigenschaft also — die Invarianz des Abstandes — die nach den herkömmlichen Auffassungen für den Raum für sich und für die Zeit für sich galt — wurde jetzt als eine Eigenschaft erkannt, die man nur dem Raum-Zeit-Kontinuum zuschreiben kann. Der Zusammenhang von Raum und Zeit, der in der oben gekennzeichneten Weise schon in unseren Alltagserfahrungen sichtbar wird, muß jetzt um vieles tiefer und inniger gesehen werden. Es wäre aber völlig falsch, nunmehr die Zeit als eine solche Dimension zu betrachten, die mechanisch zu den drei Raumdimensionen hinzugeschlagen werden könnte, weil sie sich von den drei anderen Dimensionen nicht unterscheidet. Gerade die mathematische Formulierung des Raum-Zeit-Kontinuums in der speziellen Relativitätstheorie bringt den Unterschied zwischen den beiden Existenzformen innerhalb ihrer Einheit drastisch zum Ausdruck, so daß man am treffendsten sagen sollte, daß die Natur drei und eine Dimension hat.

2) Was die quantitative Aufgabe der Raum-Zeit-Forschung anbelangt, das heißt die immer genauere Erforschung der räumlichen und zeitlichen Beziehungen der Körper und Felder in quantitativer Hinsicht, so handelt es sich hier zweifellos um eine rein physikalische Frage. Interessant ist, daß die Lorentztransformation erstens auch zu beträchtlichen Veränderungen in der Messung anderer physikalischer Kategorien, insbesondere von Masse und Energie führt und darüber hinaus auch zu einer beträchtlichen Erweiterung in der Erkenntnis des objektiven Geltungsbereichs dieser Begriffe. Wichtig ist zweitens, daß die Lorentztransformation in keiner Weise zu einer pessimistischen Einstellung gegenüber der Erfüllung dieser Aufgabe Anlaß gibt. Wie die Lorentztransformation erst durch eine Untersuchung schneller Bewegungen entdeckt werden konnte, so ist sie Grundlage zur Lösung der quantitativen Aufgabe bei schnellen Bewegungen.

3) Es könnte scheinen, als nähme die Lorentztransformation, der ja das Relativitätsprinzip zugrunde liegt, der Lösung der ordnungstheoretischen Aufgabe der Physik jede Perspektive und führe zu einem allgemeinen Relativismus. Die Erwartung der Physiker in der klassischen Periode ihrer Wissenschaft, das absolute Koordinatensystem mit Hilfe von elektrodynamischen Erscheinungen ausmachen zu können, hat sich als trügerisch erwiesen. Es ist ja von vornherein zweifelhaft, ob diese Aufgabe gelöst werden kann, wenn man von allem Konkreten der Körper abstrahiert und nur ein nacktes Koordi-



natensystem übrigläßt, wie das in der Relativitätstheorie möglich und notwendig ist. Es ist aber schon ein Fortschritt erreicht, wenn man erkannt hat, mit welchen Mitteln diese Aufgabe nicht gelöst werden kann. Indessen tritt die ordnungstheoretische Aufgabe erst in der allgemeinen Relativitätstheorie in ihrer ganzen Problematik hervor, wenn die beschleunigten Bewegungen untersucht werden. Es ist übrigens interessant, daß Einstein eine Anwendung der Lorentztransformation gibt, nach der er ohne alle zusätzlichen Untersuchungen etwa solche Fragen entscheiden will wie die nach der Geltung des ptolemäischen oder kopernikanischen Systems. Es handelt sich um das „Nachgehen“ einer Uhr, die einen Kreislauf ausführt, bei dem Anfang und Ende in denselben Punkt fallen. Erst Sommerfeld hat in einer Anmerkung zu Minkowskis Arbeit „Raum und Zeit“ darauf hingewiesen, daß in diesem Falle die Uhr eine beschleunigte Bewegung durchgemacht hat und ein Widerspruch zum Relativitätsprinzip deshalb nicht vorliegt.

Immerhin scheint hier der Punkt zu liegen, an dem die Grenzen in der Gültigkeit unserer physikalischen Raum-Zeit-Theorie sichtbar werden, genauer, der speziellen Relativitätstheorie, deren Grundzüge wir hier nachzuzeichnen versucht haben. Um es gleich zu sagen: Sollte sich vom physikalischen Standpunkt aus eine Revision der Raum-Zeit-Auffassung als nötig erweisen, so braucht das die hier dargelegte philosophische Theorie der Existenzformen nicht zu berühren. Da echte philosophische Theorien nicht aus einzelnen naturwissenschaftlichen Ansichten abgeleitet werden, sondern aus der Verallgemeinerung eines größeren geschichtlichen Abschnitts der naturwissenschaftlichen Entwicklung, so können sie auch nur durch Verarbeitung entsprechend umfangreichen Materials der einzelwissenschaftlichen Naturbetrachtung verändert werden.

In der Tat muß nun aber zur Stellung der speziellen Relativitätstheorie innerhalb der Physik selbst noch etwas gesagt werden. Es könnte scheinen, als gründe sich die spezielle Relativitätstheorie experimentell nur auf den Michelson-Versuch. Das ist natürlich insofern richtig, als die Entwicklung dieser Theorie historisch und systematisch von der Auswertung des Michelson-Versuchs her ihren Gang nahm. Es wurde aber schon angedeutet, daß darüber hinaus die spezielle Relativitätstheorie viele Bestätigungen erfahren hat. Das trifft zu auf die unmittelbaren Aussagen der Lorentz-Transformation und auf die zahlreichen daraus ableitbaren Gesetze. So kann angemerkt werden, daß zum Beispiel die heute weithin bekannten Geräte zur Beschleunigung von Elementarteilchen (Zyklotrone usw.) nur sinnvoll arbeiten, wenn von ihren Erbauern die Gesetze der Relativitätstheorie berücksichtigt werden. Daß dies in unserer alltäglichen Praxis nicht zu geschehen braucht, liegt nur daran, daß die zeitlichen wie auch räumlichen Unterschiede zwischen den Systemen sehr gering sind und erst bei großen Geschwindigkeiten meßbar werden. Sie können im Alltagsleben vernachlässigt werden, wie überhaupt die Formeln der Relativitätstheorie sich an die herkömmlichen Formeln annähern, wenn die betrachteten Geschwindigkeiten sehr klein werden. Die herkömmlichen Formeln sind daher Grenzfall der Einsteinschen Formeln.

Ebenso ist nun die spezielle Relativitätstheorie selbst ein Grenzfall gegenüber der allgemeinen Relativitätstheorie. Hier erst werden nämlich beschleunigte Bewegungen sowie das Wirken von Kräften, insbesondere die Gravitation, in Betracht gezogen, wohingegen die beschleunigungsfreie Bewegung der speziellen Relativitätstheorie nur ein Ideal

fall ist, der strenggenommen in der Realität nicht anzutreffen ist. Gerade die Berücksichtigung dieser Umstände führt jedoch in der Physik zu einer Vertiefung der Raum-Zeit-Auffassung im Sinne des dialektischen Materialismus.

Obwohl die spezielle Relativitätstheorie philosophisch und experimentell hinreichend gesichert ist, war sie noch bis in die jüngste Zeit Gegenstand von Diskussionen. Deshalb erschien es zweckmäßig, zunächst diesen Grenzfall der allgemeineren Theorie zu analysieren. Unter dem Gesichtspunkt der Raum-Zeit-Auffassung sind die wichtigsten Ergebnisse der *allgemeinen* Relativitätstheorie von dem sowjetischen Physiker W. A. Fock zusammengefaßt worden, wobei auch die Vermutungen Lobatschewskys und Riemanns anklingen und die von diesen Mathematikern entwickelten Geometrien eine Rolle spielen. Danach gilt in der Realität prinzipiell die Riemannsche Geometrie. Die uns von der Schule her bekannte euklidische Geometrie, in der die Winkelsumme des Dreiecks immer  $180^\circ$  beträgt und in der es zu einer Geraden immer genau eine Parallele gibt, die durch einen vorgegebenen Punkt gezogen werden kann, ist ein Grenzfall, der nur bei Vernachlässigung der Gravitation gilt. Allerdings sind in der Realität die Abweichungen von der euklidischen Geometrie so gering, daß sie in der Technik bisher nicht berücksichtigt zu werden brauchten und auch in der nächsten Zukunft keine praktische Rolle spielen dürften. Grob gesprochen weicht jedoch die in der Realität gültige Geometrie um so stärker von der euklidischen Geometrie ab, je stärker die Konzentration der Gravitationsmassen ist. Mit den heutigen Mitteln ist diese Abweichung im Schwerfeld der Sonne nachweisbar. (Neue Perspektiven für die Überprüfung der allgemeinen Relativitätstheorie ergeben sich nach Überlegungen sowjetischer Wissenschaftler, wenn man die Bewegung künstlicher Satelliten, die ja im Vergleich zur Erde sehr klein sein werden, sehr feinen Messungen unterwirft.) Andererseits bedingt die jeweils vorhandene Metrik der Geometrie die Bewegung der Massen im Schwerfeld. Berücksichtigt man noch, daß auch die Zeit durch ihren Zusammenhang mit dem Raum in die Geometrie einbezogen werden muß, so ergibt sich: „... die Massen bestimmen die Metrik von Raum und Zeit, und die Metrik von Raum und Zeit bestimmt deren Bewegung“ (Fock).

Fock folgert dann weiter: „Raum und Zeit sind Daseinsformen der Materie, aber diese Formen selbst hängen vom Inhalt — von der Materie selbst — ab.“ Man muß dieser Ansicht zustimmen. Wir fügen hinzu, daß Raum und Zeit als die geometrische Eigenschaft der Materie zu betrachten sind.

Im Jahr:

12. April 1971

Im Jahr:

5. April 1971

ca. 50 Seiten