

Materialismus und Relativismus

(Über einige philosophische Fragen der Relativitätstheorie im Lichte von Lenins Werk „Materialismus und Empiriokritizismus“).*

Von A. A. KWASSOW † (Leningrad)

I

1. Ein halbes Jahrhundert ist seit dem Erscheinen des genialen Leninschen Werkes „Materialismus und Empiriokritizismus“ vergangen. In diesen Jahren sind in den historischen Schicksalen der menschlichen Gesellschaft grundlegende Veränderungen vor sich gegangen. Stürmisch entwickelte sich unter diesen gesellschafts-historischen Bedingungen die Wissenschaft, vor allem die Physik. Schon Lenin analysierte vor allem den Zustand gerade der *physikalischen* Wissenschaften.

Die Ablösung des mechanischen Weltbildes durch das elektromagnetische zu einem auf der Wechselwirkung und der Verwandlung der Elementarteilchen ineinander basierenden Weltbild, die Schaffung der Kernphysik, neue Schritte in der Erkenntnis der materiellen Einheit der Welt — das alles rief nicht nur eine schnelle Entwicklung und Ablösung der physikalischen Theorien hervor, sondern fand seinen unmittelbaren Ausdruck auch im technischen Fortschritt. Diese Entwicklung der physikalischen Wissenschaft und der Technik geht jedoch in der modernen Welt unter gegensätzlichen gesellschaftlichen Bedingungen vor sich.

Die Ziele und Aufgaben der Entwicklung der Wissenschaft und Technik werden heute einerseits von den Interessen der herrschenden Klassen der imperialistischen Länder, andererseits von den Prinzipien des Sozialismus — in den sozialistischen Ländern — bestimmt. Diese auf gegensätzlichen Klasseninteressen basierende entgegengesetzte Politik in den verschiedenen sozialen Systemen bestimmt auch die ethischen Verpflichtungen der Wissenschaftler, ihren Platz in der Gesellschaft. Die Wissenschaftler müssen sich fragen, wem sie dienen sollen, einem überlebten, absterbenden System, der untergehenden Klasse der kapitalistischen Machthaber, die von Aggressionskriegen träumen und einen räuberischen Überfall auf das sozialistische Weltlager vorbereiten, oder aber den großen Ideen des Friedens, der Demokratie und des Sozialismus, die erstmalig die Wissenschaft von den Ketten der kapitalistischen Sklaverei befreien. Das sozialistische

* Dieser Beitrag sollte ursprünglich dem Problem des philosophischen Relativismus in der modernen Physik (Relativitätstheorie und Quantenmechanik) gewidmet sein. Infolge des Ablebens des Autors mußte er jedoch unvollendet bleiben und behandelt nur einige Fragen der Relativitätstheorie. Der Artikel wurde von mir in technischer Hinsicht überarbeitet und ins Deutsche übertragen. — G. Kröber

Weltlager hat auch entscheidenden Einfluß auf die Entwicklung von Wissenschaft und Technik. Die künstlichen Erdtrabanten und die Mondraketen sind ein klarer Beweis der Überlegenheit des Sozialismus auf dem Gebiete der Wissenschaft, der Technik, der Arbeitskultur. Die Entwicklung der Physik in der kapitalistischen Welt geht unter den Bedingungen des Kampfes der materialistischen und idealistischen Weltanschauung vor sich. Das Neue besteht hier darin, daß die Entwicklung der Wissenschaft von selbst die hervorragenden Vertreter der modernen Physik zu unvermeidlichen Schwankungen zwischen Idealismus und dialektischem Materialismus kommen läßt (was W. I. Lenin hervorhob, als er über Duhem und Stallo sprach).¹ Es haben sich also noch Bedingungen, vor allem sozialer Art, erhalten, die seinerzeit die Krise in der Physik hervorbrachten, die sich nicht so sehr im Zusammenbruch des mechanistischen Weltbildes, als vielmehr in der Entstehung des physikalischen Idealismus ausdrückte. Die Krise in der physikalischen Wissenschaft, über die Lenin schrieb, stellt also ein erkenntnistheoretisches Problem dar. Aus diesem Grunde kann man auf keinen Fall mit E. Kolmann einverstanden sein, der behauptet, die Krise in der Physik sei beendet.² Lenin wies darauf hin, daß die materialistische Grundeinstellung der Physik wie auch der anderen modernen Naturwissenschaften zwar alle Krisen überwinden wird, Voraussetzung hierfür ist aber die Ersetzung des metaphysischen Materialismus durch den dialektischen.³ Die Behauptung, daß diese Aufgabe schon gelöst sei, läßt die konkreten gesellschaftlichen Bedingung, unter denen sich die Wissenschaft entwickelt, außer acht.

Unter den gegenwärtigen Bedingungen wächst noch die Bedeutung dieses großen philosophischen Werkes W. I. Lenins. Immer klarer wird uns das Wesen seiner Grundideen, immer stärker sind wir von dem bewundernswürdigen Eindringen W. I. Lenins in die Grundtendenzen der Entwicklung der menschlichen Erkenntnis begeistert, bewundern wir seine Voraussagen angesichts der modernen Resultate der Wissenschaft. Ähnlich den klassischen Werken von Marx und Engels bleibt diese Leninsche Arbeit ein unversiegbarer Quell für das Verständnis der Grundfragen der Entwicklung der philosophischen Erkenntnis. Zwei grundlegende Besonderheiten kennzeichnen den Geist des Leninschen Werkes „Materialismus und Empiriokritizismus“: erstens sein prinzipieller, konsequenter Kampf gegen die reaktionäre bürgerliche Philosophie und den philosophischen Relativismus.

Das Werk Lenins ist deshalb auch eine wichtige geistige Waffe im Kampf gegen die modernen revisionistischen Theorien, die in einer Reihe von Ländern des kapitalistischen Westens und sogar in den Ländern des sozialistischen Lagers Verbreitung gefunden haben: es ist die Rede von G. Lukacs, Ernst Bloch, Kolkowski, H. Lefèvre u. a., die unter der Flagge der Kritik „veralteter“ Ansichten, die von den Klassikern des Marxismus-Leninismus geäußert worden waren, gegen die Grundprinzipien des Materialismus kämpften und damit die marxistisch-leninistische Weltanschauung ihrer wichtigsten Grundlage beraubten.

Das zweite Kennzeichen dieses Werkes ist Lenins Kampf gegen den Dogmatismus in der Philosophie der — anstatt die neuen Resultate der Naturwissenschaft, vor allem der Physik, zu verallgemeinern und den philosophischen Materialismus zu bereichern — sich hartnäckig von neuen Ideen und Vorstellungen, von neuen

¹ W. I. Lenin: *Materialismus und Empiriokritizismus*. Berlin 1949. S. 300

² E. Kolmann: *Philosophische Probleme der modernen Physik*. Moskau 1957. S. 5. (russ.)

³ W. I. Lenin: *Materialismus und Empiriokritizismus*. S. 296

Resultaten der experimentellen Forschung absperren und sie als Schöpfungen der idealistischen Philosophie behandelt: heute finden wir solche Tendenzen in den Arbeiten Fogarasis, V. Sterns und anderer Autoren. Die Dogmatiker vergessen die Leninsche Feststellung: „Eine Revision der ‚Form‘ des Engelsschen Materialismus, eine Revision seiner naturphilosophischen Sätze enthält... nicht nur nichts ‚Revisionistisches‘ im landläufigen Sinne des Wortes, sondern ist im Gegenteil eine unumgängliche Forderung des Marxismus.“⁴

Dieser Dogmatismus hat aber auch auf die Physik Einfluß: in ihrem Auftreten gegen den Positivismus versuchten Physiker wie de Broglie, Bohm, Janossy wiederholt, von den modernen physikalischen Theorien zu den Idealen der klassischen Physik zurückzukehren. Dabei übersehen sie, daß der dialektische Materialismus sich nicht an irgendeine bestimmte physikalische Theorie binden kann.

In dem Referat des Genossen Chruschtschow auf dem XXI. Parteitag heißt es: „So wie das Leben selbst in seiner fortschreitenden Bewegung, in seinen vielfältigsten Erscheinungsformen grenzenlos ist, so grenzenlos ist auch die marxistisch-leninistische Theorie in ihrer Entwicklung und Bereicherung durch neue Erfahrungen und Leitsätze.“⁵

Bei der Einschätzung der Lage in der modernen Physik, ihrer erkenntnistheoretischen Schlußfolgerungen, der Quellen des modernen physikalischen Idealismus gehen wir von der Leninschen These aus, daß die Krise der Physik auch durch solche Ursachen hervorgerufen wurde, die in der Wissenschaft selbst liegen. Das ist erstens das Eindringen und die Entwicklung mathematischer Methoden. Lenin bewertete dies als einen Fortschritt der menschlichen Erkenntnis. In der gegenwärtigen Periode hat sich der mathematische Apparat in den Händen des Physikers aus einem Hilfsmittel für Berechnungen in eine der mächtigsten heuristischen Methoden des Aufsuchens neuer Wahrheiten, der Schaffung neuer physikalischer Theorien verwandelt. Aber ebenso wie vor fünfzig Jahren bringt der wissenschaftliche Fortschritt auch reaktionäre Tendenzen hervor. So gesteht der große dänische Physiker Bohr bei der Einschätzung des formalen Apparates der modernen Quantenmechanik diesem eine nur symbolische Bedeutung zu, die eines unmittelbaren physikalischen Sinnes entbehrt⁶ und Heisenberg geht in einem seiner letzten Vorträge auf die Position des Pythagoras und des Platonischen Idealismus über.⁷

Die zweite wissenschaftstheoretische Quelle des physikalischen Idealismus ist das Prinzip des Relativismus, das bei Unkenntnis der Dialektik unvermeidlich zum philosophischen Idealismus führt. Wenn man die Lage der Dinge in der modernen physikalischen Wissenschaft mit dem Zustand der Physik vor einem halben Jahrhundert vergleicht, so kann man nicht umhin, festzustellen, daß der philosophische Relativismus mehr und mehr in die Wissenschaft eindringt. Man

⁴ Ebenda: S. 241

⁵ N. S. Chruschtschow: Über die Kontrollziffern für die Entwicklung der Volkswirtschaft der UdSSR in den Jahren 1959 bis 1965. ND-Sonderbeilage. S. 43.

⁶ Siehe W. A. Fok: Eine Kritik der Ansichten Bohrs über die Quantenmechanik. Fortschritte der physikalischen Wissenschaften. 1951. Bd. 45. S. 8, (russ.) wo Fok den Artikel Bohrs „On the notions of causality and complementarity“, veröffentlicht in *Dialectica*, 1948, Nr. 7/8 einer Kritik unterzieht

⁷ W. Heisenberg: Die Plancksche Entdeckung und die philosophischen Grundfragen der Atomlehre. Vortrag gehalten am 25. 4. 58 in Berlin bei der Feier von Max Plancks 100. Geburtstag. Die Naturwissenschaften. 1958. Nr. 10. S. 233

versucht, ihn zur Grundlage der gesamten Weltanschauung zu machen. Wir erinnern nur an die Arbeit Philipp Franks „Relativity — a richer truth“, in welcher der Versuch gemacht wird, die relativistischen Ideen in der exakten Naturwissenschaft der gesamten modernen Ideologie zugrunde zu legen. Praktisch ist die Predigt des philosophischen Relativismus untrennbar mit dem subjektiven Idealismus und dem Agnostizismus verbunden: auf dem Gebiete der Politik führt sie zum Abenteuerertum, auf dem Gebiete der Sittlichkeit zu einem prinzipiellen Amoralismus, in der Kunst zu einer Verleugnung ihres objektiven Inhalts und ihrer Erkenntnisrolle, in der historischen Wissenschaft zur Verwandlung der Geschichte in Mythologie. Das Problem des Relativismus und seine Lösung, aber auch die Kritik an den Vertretern des philosophischen Revisionismus ist deshalb eine wichtige Aufgabe der modernen marxistischen Philosophie.

W. I. Lenin kennzeichnete den philosophischen Relativismus folgendermaßen: „Der Relativismus als Grundlage der Erkenntnistheorie bedeutet nicht nur die Anerkennung der Relativität unserer Kenntnisse, sondern auch die Leugnung irgendeines objektiven, unabhängig von der Menschheit existierenden Maßes oder Modells dem sich unsere relative Erkenntnis nähert.“⁸ Für den Marxismus-Leninismus ist das Problem des Relativismus längst gelöst: „Die materialistische Dialektik von Marx und Engels schließt unbedingt den Relativismus in sich ein, reduziert sich aber nicht auf ihn, d. h. sie gibt die Relativität aller unserer Kenntnisse zu, aber nicht im Sinne der Verneinung der objektiven Wahrheit, sondern im Sinne der geschichtlichen Bedingtheit der Grenzen der Annäherung unserer Kenntnisse an diese Wahrheit.“⁹

Der Begriff des philosophischen Relativismus ist somit ein erkenntnistheoretischer Begriff, dessen Inhalt in der Leugnung eines objektiven Inhaltes der menschlichen Erkenntnis, der Leugnung eines objektiven Wertes der wissenschaftlichen Theorien besteht. Der philosophische Relativismus ist daher Subjektivismus, der sowohl durch Idealismus als auch durch Agnostizismus gekennzeichnet ist, deren Gemeinsames eben in der Leugnung der Materie als der uns in der Empfindung gegebenen objektiven Realität besteht. In Übereinstimmung mit dieser Leninischen Feststellung werden wir deshalb nur einen Relativismus der genannten Art als philosophischen Relativismus bezeichnen, gegen den ein konsequenter prinzipieller Kampf zu führen ist. Davon wird auch unser Herangehen an die Analyse des philosophischen Relativismus in der modernen Physik bestimmt.

Wenn Physik, Chemie, Biologie oder Soziologie die Relativität des Wesens, der Qualitäten, Eigenschaften, Zustände dieser oder jener materiellen Systeme, d. h. deren Abhängigkeit von ihren Existenzbedingungen feststellen, so hat das nicht nur mit Relativismus nichts zu tun, sondern wird von der materialistischen Dialektik geradezu gefordert. Wenn aber der materielle Gegenstand auf Verhältnisse reduziert wird, d. h. wenn behauptet wird, daß die Beziehung auch ohne das existiert, auf das sie sich bezieht, wenn also behauptet wird, daß es kein Materielles Objekt gibt, sondern nur Beziehungen existieren, so bedeutet das die Leugnung der Materie als der objektiven Quelle unserer Erkenntnis. Die Materie verschwindet, es bleiben nur die Beziehungen: das bedeutet, es verschwindet die objektive Realität, die Quelle unseres Bewußtseins, das selbst nur eine Funktion

⁸ W. I. Lenin: *Materialismus und Empiriekritizismus*. S. 125–126

⁹ Ebenda: S. 126

der Materie ist. Das ist aber schon eine Lösung einer erkenntnistheoretischen Frage, und zwar eine idealistische Lösung. Man mag beliebig viel über die objektive reale Existenz der Beziehungen deklamieren, sie hören deshalb nicht auf, sich in Beziehungen zwischen Empfindungen oder in Beziehungen zwischen logischen Begriffen, d. h. in logische Beziehungen zu verwandeln, wobei es eine zweitrangige Frage ist, ob man diese logischen Beziehungen vom Standpunkt des subjektiven oder des objektiven Idealismus aus interpretiert.

Wenn wir die Abhängigkeit unserer sinnlichen Wahrnehmungen von der Natur und dem Zustand des menschlichen Organismus untersuchen, so ist die Feststellung der Relativität dieser Wahrnehmungen, d. h. ihrer Abhängigkeit von den Bedingungen, in denen der Wahrnehmungsprozeß vor sich geht, Aufgabe der Physiologie und Psychologie; wenn aber die Beweise der Relativität unserer Wahrnehmungen dazu mißbraucht werden, deren angeblichen subjektiven Inhalt nachzuweisen, d. h. wenn die Empfindungen zu einer trennenden Wand zwischen dem Menschen und der Außenwelt erklärt werden, so haben wir es mit philosophischem Relativismus zu tun, und diese Schlußfolgerungen zu entlarven und der Kritik zu unterziehen, gehört zu den Aufgaben der marxistisch-leninistischen Philosophen.

Die moderne Wissenschaft und in erster Linie die Mathematik und die Physik haben die Frage nach der Relativität nicht nur der logischen Begriffe, sondern auch des für einen strengen Aufbau der wissenschaftlichen Theorie notwendigen logischen Apparates aufgeworfen; und das ist eine durchaus materialistische Feststellung, denn auch der logische Apparat widerspiegelt ja gewisse objektive Seiten und Gesetzmäßigkeiten der materiellen Welt. Diese Frage, die anfangs im Zusammenhang mit der Schaffung der nichteuklidischen Geometrie aufgeworfen wurde, ist nicht nur für die moderne Mathematik, sondern auch für die Physik und die Kybernetik aktuell geworden. Die Aufgabe, den logischen Apparat der Wissenschaft zu erforschen, der in der Lage ist, diese oder jene Gesetzmäßigkeiten der objektiven Welt auszudrücken, wird von der formalen Logik und nicht von der Philosophie gelöst; philosophische Fragen aber sind es, die jedesmal bei der Begründung der Voraussetzungen der Struktur eines solchen logischen Apparates und seines Verhältnisses zu der objektiven materiellen Welt auftreten.

Zur philosophischen Analyse des Problems des Relativismus in der modernen Physik gehört daher ein genau begrenzter Fragenkreis; sie ist nicht identisch mit der Analyse der physikalischen Theorien selbst. Die Wichtigkeit der philosophischen Analyse ergibt sich daraus, daß sie den weltanschaulichen Inhalt, die Bedeutung der Resultate der physikalischen Wissenschaft erforscht. Das ist deshalb so wichtig, weil die Grundfrage der Philosophie mit der Grundfrage der Weltanschauung zusammenfällt, wodurch die Philosophie eben zur Ideologie einer bestimmten Klasse wird.

Aber die Rolle der Philosophie ist damit nicht erschöpft. Die marxistisch-leninistische Philosophie liefert die wissenschaftliche Methode der Erkenntnis, sie wird als Methodologie verwendet. Diese wissenschaftliche Erkenntnismethode ist, wie Engels und Lenin gezeigt haben, für die Schaffung physikalischer Theorien und ihre Interpretation notwendig.

Wie aus dem oben Dargelegten hervorgeht, sind wir bemüht, bei der Bestimmung des Verhältnisses der Philosophie zur Physik zwei Fehler zu vermeiden: der erste besteht in der Behauptung, die Philosophie sei in der Lage, diese oder jene physikalische Theorie mit einem beliebigen Grad von Allgemeinheit her-

vorzubringen (solche Ansichten finden ihren Ausdruck besonders in den Werken Todor Pawlows, in den Arbeiten von L. W. Kusnezow u. a.); das führt zur Identifizierung der marxistischen philosophischen Wissenschaft mit dieser oder jener physikalischen Theorie und hemmt deshalb die Entwicklung der Wissenschaft; der zweite Fehler ist positivistischer Natur, er reduziert die Philosophie auf eine Analyse lediglich der logischen Begriffe, ihrer logischen Verbindungen, was eine Leugnung der weltanschaulichen Natur der Philosophie bedeutet.

Bei der Untersuchung und der Kritik des philosophischen Relativismus in der modernen Physik tauchen vor uns folgende Probleme auf: *

1. Der philosophische Relativismus und das Problem der Materie, ihrer hauptsächlichsten Existenzformen und Bewegungsgesetze in der modernen Physik.
2. Der philosophische Relativismus und die Theorie des Meßprozesses in der modernen Physik.
3. Der philosophische Relativismus und das Problem des objektiven Wertes der wissenschaftlichen Theorien in der modernen Physik.

II

Der modernen Physik, ihren verschiedenen Gebieten und ihrer Anwendung in der Technik und in anderen Wissenschaftszweigen liegen zwei physikalische Theorien zugrunde: die Relativitätstheorie und die Quantentheorie. Sie wurden zu Beginn des 20. Jahrhunderts durch die Werke Albert Einsteins und Max Plancks begründet. Es muß jedoch festgestellt werden, daß Sinn und Bedeutung dieser theoretischen Konzeption und ihre physikalische Interpretation erst bedeutend später erkannt wurden, als sie in der physikalischen Wissenschaft Einfluß errangen. Das ist auch der Grund, warum wir im „Materialismus und Empirio-kritizismus“ Lenins keine Hinweise auf die Existenz dieser Theorien finden. Die Übersicht von Paul Langevin, auf die sich W. I. Lenin beruft, erschien im Jahre 1904 und gab eine tiefschürfende Einschätzung des Zustandes der Elektronentheorie als der Mechanik hoher Geschwindigkeiten. Aus diesem Grunde sind auch die Versuche, die Resultate der Relativitätstheorie mit der Mechanik hoher Geschwindigkeiten, über die Lenin im „Materialismus und Empirio-kritizismus“ schrieb, zu identifizieren, als unzulässig anzusehen. Allerdings haben die von Lenin ausgearbeiteten Fragen des dialektischen Materialismus in der Physik, wie wir zeigen werden, eine entscheidende Bedeutung für das Verständnis der erkenntnistheoretischen Schlußfolgerungen aus diesen physikalischen Theorien.

Wir möchten besonders einen wichtigen Umstand unterstreichen: Wie die Relativitätstheorie, so entstand auch die Quantentheorie auf der Grundlage der vorangegangenen Entwicklung der Physik und ihrer experimentellen Resultate zu einer Zeit, als in der alten Theorie Unstimmigkeiten aufgedeckt wurden und die Unmöglichkeit einer logisch widerspruchsfreien Vereinigung der neuen Resultate im Rahmen der traditionellen Konzeption der materialistischen Physik offensichtlich wurde. Der physikalische Idealismus (die Energetik Ostwalds und Helms, der Konventionalismus Poincarés und die Physik der Qualitäten Duhems) und die mit

* Diese Problematik blieb infolge des schon genannten tragischen Umstandes nur Programm und ihre Ausführung Fragment. Dem Autor gelang es lediglich, den Teil des ersten Punktes fertigzustellen, in dem er sich mit dem philosophischen Relativismus und dem Problem der Materie, ihrer Existenzformen und Bewegungsgesetze in der Relativitätstheorie beschäftigt. — G. Kröber

ihm verbundene Machsche Philosophie ist aber bereits vor der Epoche der großen Entdeckungen Ende des 19. Jahrhunderts auf der Grundlage idealistischer Schlußfolgerungen aus der phänomenologischen Thermodynamik und idealistischen Interpretationen ihrer Prinzipien entstanden (wie Abel Rey überzeugend gezeigt hat¹⁰).

Das muß betont werden, weil der moderne Positivismus, der mit dem philosophischen Relativismus und dem Subjektivismus verbunden ist, die Entstehung der Relativitätstheorie und besonders der Quantentheorie als einen entschiedenen Bruch mit der klassischen Physik betrachtet. Dabei sieht er diesen Bruch nicht darin, daß sich ein Übergang zur Erforschung neuer, früher unbekannter Arten der sich bewegenden Materie und deren neuer Gesetze vollzogen hat, sondern er behauptet, daß er eine völlig neue erkenntnistheoretische und logische Orientierung, die den Zusammenbruch des metaphysischen Absolutismus der klassischen physikalischen Theorien und den Übergang zum philosophischen Relativismus bedeutet, also den Zusammenbruch des materialistischen Geistes in der alten Physik und den Übergang zum Idealismus, den Zusammenbruch der materialistischen Lehre vom Determinismus und den Übergang zu einem prinzipiellen Indeterminismus (Heisenberg, Frank, P. Fèvrier) darstelle.

Die Physiker sehen die Relativitätstheorie in gewissem Sinne als die Vollendung, die Krönung der klassischen Feldtheorie an, die solche Prinzipien der klassischen Beschreibung der Naturerscheinungen wie das Stetigkeitsprinzip und das Prinzip der eindeutigen Kausalität (Laplacescher Determinismus) aufrecht erhält. In dieser Beziehung wird die Quantentheorie, die mit diesen Prinzipien gebrochen hat, der Relativitätstheorie *gegenübergestellt*. In erkenntnistheoretischer Hinsicht jedoch ziehen sowohl Heisenberg wie Bohr, ganz zu schweigen von der großen Schar der positivistischen Philosophen, aus diesen beiden Theorien einheitliche Schlußfolgerungen. So zeigt nach Bohr ein rein auf den logischen Aspekt beschränkter Vergleich des Relativitäts- und des Komplementaritätsprinzips der Naturbeschreibung eine auffallende Ähnlichkeit; beide wenden sich dagegen, den gewöhnlichen physikalischen Attributen einen absoluten Sinn zuzuschreiben. So unterscheidet nach allgemeiner Auffassung die Lossage von der absoluten Beschreibung der Erscheinungen und der Übergang zur relativistischen Beschreibung derselben die neue Physik von der alten.

Aus dieser Feststellung der neuen physikalischen Theorien zieht der philosophische Relativismus idealistische und agnostizistische Schlußfolgerungen. Eine solche erkenntnistheoretische Haltung konnte aber nicht ohne Wirkung auf die Logik des Aufbaus der physikalischen Theorie selbst und ihrer Interpretation bleiben: diese wurde auf den Kopf gestellt. Zum Ausgangspunkt der Untersuchungen wurden die Wechselwirkungen der objektiven Makro- und Mikroerscheinungen mit den Beobachtungs- und Meßinstrumenten gemacht. Der Charakter der objektiven Erscheinungen, die Gesetze ihrer Zusammenhänge untereinander blieben unberücksichtigt.

Wir sind der Meinung, daß wir die Analyse der erkenntnistheoretischen Schlußfolgerungen aus der Relativitätstheorie und der Quantentheorie mit einer Betrachtung derjenigen Sätze beginnen müssen, die sich zunächst auf die objektive materielle Welt, d. h. auf die physikalischen Objekte und ihre Wechselbeziehun-

¹⁰ A. Rey: Die Theorie der Physik bei den modernen Physikern. Leipzig 1908

gen beziehen. Erst dann kann man zur erkenntnistheoretischen Seite des Meßprozesses übergehen.

Betrachten wir jedoch zunächst den Sinn, der den Begriffen Absolutes und Relatives und ihrer Wechselbeziehung beigelegt wird. Hier gilt es zu beachten, daß diese philosophischen Kategorien in der modernen Physik nicht immer richtig angewandt werden. Man legt in sie einen Inhalt hinein, der aus alten idealistischen philosophischen Systemen entlehnt ist. In sehr bekannten philosophischen Wörterbüchern von Baldwin und Eisler finden wir über die Kategorien des Absoluten und Relativen folgende Aussagen: Das Absolute ist das aus jedem Zusammenhang Gerissene, das Unbedingte, das sich auf nichts Beziehende, das außerhalb und unabhängig von jeglichen Zusammenhängen Existierende. In diesem Sinne stellt das Absolute das ursprüngliche Unendliche in Raum und Zeit dar, das Unveränderliche, das Allgemeine.¹¹ Das Relative ist das in Beziehung zu anderem Existierende, das Bedingte, Veränderliche, Endliche und Einzelne.¹² Für die metaphysische Methode sind Absolutes und Relatives absolute Gegensätze, wobei die Anerkennung des einen das andere ausschließt. Vom Standpunkt des Materialismus aus ist das Absolute die Natur als Ganzes.

Für die Idealisten dagegen war das Absolute einerseits der geistige Ursprung alles Seins, andererseits auch die außerhalb von Zeit und Raum existierende, selbst nicht bewegte Quelle der Bewegung.

Die metaphysische Ansicht vom Absoluten und Relativen führte zu der Behauptung, das Absolute bestehe außerhalb der in Raum und Zeit existierenden endlichen Dinge, die sich nach den Naturgesetzen oder nach dem Willen des göttlichen Absoluten bewegen. Es wurde weiter behauptet, die Quelle der Erkenntnis des Absoluten sei eine andere als die Quelle der Erkenntnis des Relativen und Endlichen. Die logische Schlußfolgerung aus der idealistischen Metaphysik war der kritische Idealismus Kants, der dem Verstand die Fähigkeit absprach, das Absolute zu erkennen und es zum Gegenstand des religiösen Glaubens machte. Mit der Entwicklung der auf naturwissenschaftlicher Beobachtung und auf dem Experiment beruhenden empirischen Naturwissenschaft wurde die Metaphysik zerstört. Aber diese zerstörende Tätigkeit verlief ebenfalls in zwei entgegengesetzten weltanschaulichen Richtungen. Die idealistische empirische Philosophie kam zu der Schlußfolgerung, daß das Absolute der wissenschaftlichen Erkenntnis unzugänglich und deshalb Gegenstand der Religion sei, während das jeden objektiven Inhalts entbehrende Relative sich in subjektiven Schein verwandelte, der nur im menschlichen Bewußtsein existiert. Die materialistische Opposition gegen die spekulative Metaphysik behauptete dagegen die Einheit der ganzen materiellen Welt, die Absolutheit der Natur, die aus relativen endlichen Gegenständen und Körpern besteht. Gleichzeitig verlieh jedoch diese materialistische Konzeption, da sie metaphysisch war, den physikalischen Attributen der Gegenstände und Körper absolute Existenz, Unveränderlichkeit, Unabhängigkeit von wechselseitigen Zusammenhängen und Wechselwirkungen dieser Körper mit anderen. Das lag auch der absoluten Abgrenzung der primären und sekundären

¹¹ J. M. Baldwin: Dictionary of Philosophy and Psychology. New York 1911. Vol. I. S. 3–4. R. Eisler: Wörterbuch der philosophischen Begriffe. Berlin 1927. Ed. I. S. 3–6

¹² J. M. Baldwin: Dictionary of Philosophy and Psychology. New York 1911. Vol. II. S. 443–446. R. Eisler: Wörterbuch der philosophischen Begriffe. Berlin 1929. Bd. II. S. 682–686

Eigenschaften zugrunde, die es in jener Periode möglich machte, die Objektivität der Erscheinungen, die von der Naturwissenschaft erforscht werden, ihre Erkennbarkeit und damit den objektiven Wert der Naturwissenschaft und ihrer mechanistischen Prinzipien zu verteidigen.

Für den dialektischen Materialismus, schrieb W. I. Lenin, sind Absolutes und Relatives Stufen, Teile ein und derselben objektiven materiellen Welt.¹³ Der dialektische Materialismus verneint nicht die Existenz des Absoluten. Für ihn ist die Natur, das Weltall das Absolute, es besteht aus einzelnen relativen, unendlich mannigfaltigen materiellen Körpern und kann nur in dieser objektiven unendlichen Mannigfaltigkeit existieren. Die Materie ist absolut in dem Sinne, daß sie die einzige und letzte Realität ist, daß keine andere Realität außer ihr existiert. Ihre Attribute sind ebenfalls absolut insofern, als es keine unveränderlichen Erscheinungen gibt, die ohne Bewegung wären; ihre räumlich-zeitlichen Formen sind absolut in dem Sinne, daß es keine materielle Erscheinung gibt, die ohne Ausdehnung und Dauer wäre; ihre Gesetzmäßigkeiten sind absolut, da es keinerlei materielle Erscheinungen gibt, die isoliert, außerhalb und unabhängig von Zusammenhängen mit anderen Erscheinungen existieren. Aber gerade deshalb existiert das Absolute nur im Relativen, da es keine Materie als solche gibt, sondern nur konkrete Formen der sich bewegenden Materie, deren Einheit durch ihre gegenseitige Umwandlung ineinander praktisch und theoretisch bewiesen wird. Es gibt keine Bewegung außerhalb konkreter Bewegungsformen der Materie; es gibt keine räumlichen und zeitlichen Formen unabhängig von der Materie in ihren konkreten Existenzformen; es gibt keinen wechselseitigen Zusammenhang der Erscheinungen außerhalb und unabhängig von konkreten Wechselwirkungen zwischen ihnen; im Relativen ist also das Absolute enthalten, und indem wir das Relative erkennen, erkennen wir auch das Absolute.

Daher haben wir es in jedem Falle, in jedem Erkenntnisakt, bei der Erforschung jedes materiellen Objekts mit Absolutem und Relativem zu tun. Absolut ist das, was nicht von Beziehungen abhängt, d. h. was nicht von Bedingungen abhängt, womit nur die gegebenen Bedingungen gemeint sind, die das Wesen, die Qualität oder die Eigenschaft des gegebenen materiellen Objekts bestimmen. Das bedeutet, daß Beziehungen verschiedener Ordnung existieren. In jeder von ihnen unterscheiden wir das, was absolut, d. h. an sich existiert und das, was in den gegebenen Beziehungen zu einem anderen, im System der gegebenen Bedingungen existiert. Gehen wir aber von einer Bedingung zur anderen über, so werden wir es mit einer Veränderung dieser oder jener Eigenschaften, „der physikalischen Attribute“, der Natur der Erscheinungen selbst zu tun haben. Die Tatsache, daß die Materie unerschöpflich ist, bedeutet, daß auch die verschiedenen Ordnungen von Beziehungen unerschöpflich sind. Indem wir die Abhängigkeit dieser oder jener Eigenschaft von bestimmten Bedingungen, ihre Veränderlichkeit, ihre Nichtexistenz unter anderen Bedingungen nachweisen und aufdecken, erschöpfen wir noch nicht den Inhalt, das Wesen der materiellen Objekte. Wie weit wir aber auch in der Erkenntnis der Beziehungen, der wechselseitigen Zusammenhänge, Wechselwirkungen fortschreiten mögen, wir werden doch niemals solche Bedingungen entdecken, unter denen die Materie ihre Eigenschaft, außerhalb und unabhängig von unserem Bewußtsein zu existieren, verlieren würde, unter

¹³ W. I. Lenin: Aus dem philosophischen Nachlaß. Berlin 1954. S. 23

denen sie ohne solche Attribute wie Bewegung, Ausdehnung, Dauer und wechselseitigen Zusammenhang der Erscheinungen existieren würde. Wenn es unzulässig ist, Schlußfolgerungen, die aus dem Studium dieser oder jener Objekte, dieser oder jener Beziehungen gewonnen wurden, zu extrapolieren, so ist es ebenso unzulässig, solche Sätze, die sich auf das Weltall als Ganzes beziehen, auf jedes konkrete Objekt zu übertragen, das nur unter gegebenen Bedingungen existiert. Das ist auch der Grund, warum die Philosophie des dialektischen Materialismus die absolute Gegensätzlichkeit von Materie und Geist behauptet, zugleich aber den relativen Charakter dieses Gegensatzes unterstreicht, indem sie ihn in die Grenzen der Grundfrage der Erkenntnistheorie einschließt.

Die Ablehnung der Leitsätze des dialektischen Materialismus über die Dialektik des Absoluten und Relativen führt zum Idealismus, zur Leugnung der Objektivität der materiellen Welt, also zu der erkenntnistheoretischen Schlußfolgerung, daß der Geist primär und die Materie sekundär ist. Der moderne philosophische Relativismus ist gerade auf diesen Weg geraten.

Das Problem des Absoluten und Relativen tauchte bereits in der klassischen Physik als Problem der absoluten und relativen Bewegung auf. Der Unterschied zwischen absoluter und relativer Bewegung wurde von Nikolaus Kopernikus als Argument für das heliozentrische Weltsystem behauptet, wobei er die absolute Bewegung als reale, die relative dagegen als scheinbare auffaßte: die sichtbare Bewegung der Sterne hielt Kopernikus für scheinbar, für hervorgerufen durch die reale und absolute Bewegung der Erde. Dieses heliozentrische System war mit der noch von Aristoteles übernommenen Dynamik unvereinbar. Erst die Dynamik Galileis, die von Descartes und Huygens weiterentwickelt wurde und ihre Vollendung im klassischen Werk Newtons fand, konnte zur festen physikalischen Grundlage der Kinematik des kopernikanischen Weltbildes werden. Eines der wichtigsten Ergebnisse, zu denen die neue Dynamik gekommen war, war das Relativitätsprinzip, das den Namen Galileis erhielt. Es besagte, daß es in einem materiellen System mittels mechanischer Versuche nicht möglich ist festzustellen, ob sich dieses System als Ganzes geradlinig und gleichförmig bewegt oder ob es sich in Ruhe befindet. Solche Systeme erhielten später die Bezeichnung Inertialsysteme, da in ihnen das Trägheitsgesetz und die Gesetze der Mechanik gelten. Aber die Einführung der Inertialsysteme machte es erforderlich, zwischen absolutem und relativem Raum bzw. zwischen absoluter und relativer Zeit zu unterscheiden, was Newton dann auch tat. Das Auftreten von Kräften in diesen Systemen, vor allem von Zentrifugalkräften bei Rotationsbewegungen des Systems, diente Newton als Beweis für den Unterschied der scheinbaren relativen kinematischen Bewegung von der absoluten realen Bewegung. In dem Kampf, der sich um die philosophischen Fragen der neuen Dynamik entfaltete, vertrat Berkeley konsequent den idealistischen Standpunkt, indem er den absoluten und damit den objektiven Charakter der Bewegung leugnete. Euler bestand im Kampf gegen die Ideen Berkeleys auf der Notwendigkeit der Einführung des absoluten Raumes und der absoluten Zeit als des einzigen Mittels, das in der Lage ist, die Möglichkeit der Einführung von Inertialsystemen als Bezugssysteme zu begründen. Schon bei Euler finden wir die Ansicht von der Notwendigkeit einer Hierarchie der Bezugssysteme. Das hängt mit der Tatsache zusammen, daß die Physik (oder Mechanik) unvermeidlich diese oder jene physikalischen Systeme hervorheben muß, indem sie diese von den äußeren materiellen Körpern isoliert und diese

materiellen Körper als den räumlich-zeitlichen Hintergrund betrachtet, relativ zu dem sich diese Systeme in Bewegung befinden. In späterer Zeit gab es Versuche, das absolut unbewegliche Bezugssystem mit einem hypothetischen Körper zu verbinden (z. B. dem α -Körper K. Neumanns). Mit der Entwicklung der Elektrodynamik und vor allem mit der Entstehung der Elektronentheorie von Lorentz erwies sich dieses absolute Bezugssystem als mit dem unbeweglichen Äther verbunden, in dem sich die Elementarteilchen der Materie bewegen, welche die Träger der von den sich bewegenden Ladungen erzeugten elektromagnetischen Felder sind. Allerdings wurde schon damals in den Arbeiten von Lange der Versuch gemacht, die Einführung von Inertialsystemen unabhängig vom Zusammenhang dieses Bezugssystems mit diesem oder jenem materiellen Objekt zu begründen. Eben dieser Versuch war es, der im weiteren zu der Behauptung führte, daß die bevorzugte Stellung der Inertial-Bezugssysteme mit der Eigenschaft der Homogenität von Raum und Zeit zusammenhängt.

Eine andere wichtige Idee der klassischen Mechanik finden wir in den Arbeiten von Lagrange. Die Dynamik eines materiellen Punktes wurde durch die Bewegung dieses Punktes im dreidimensionalen Raum dargestellt, der die Eigenschaften des realen Raumes widerspiegelte. Der materielle Punkt war nur durch seinen Bewegungszustand charakterisiert. Lagrange tat einen ungewöhnlich kühnen Schritt vorwärts: er legte den Grundstein für die Darstellung eines Systems von materiellen Punkten, zwischen denen bestimmte Kräfte wirken (Gravitation oder Elastizität) durch die Bewegung der Punkte in mehrdimensionalen Räumen. Von ihm geht also die Darstellung des Zustandes eines materiellen Systems durch die Bewegung eines materiellen Punktes in mehrdimensionalen Räumen aus. Die Einführung der kovarianten Bewegungsgleichungen zweiter Ordnung gestattete es Lagrange, verallgemeinerte Koordination, verallgemeinerte Geschwindigkeiten und verallgemeinerte Kräfte einzuführen, die durchaus keine mechanischen Größen zu bedeuten brauchten und deshalb geeignet waren, die Veränderungen des Zustandes nichtmechanischer Systeme in der Art der Mechanik zu beschreiben, nämlich als Bewegung eines Punktes in mehrdimensionalen Räumen, deren Dimensionszahl gleich der Anzahl der Freiheitsgrade war. Das hatte eine außerordentlich große Bedeutung, da es komplizierte physikalische Systeme zu beschreiben gestattete. Diesen Weg gingen auch Helmholtz, Boltzmann und Gibbs; ihnen dienten als mächtige Instrumente zur Erforschung physikalischer materieller Systeme die Variationsprinzipien von Euler-Lagrange und Hamilton-Ostrogradskij. Diese Idee hat sich auch in der modernen Physik erhalten.

Die formalen Konstruktionen riefen eine ungewöhnlich schnelle Entwicklung der mehrdimensionalen Geometrien hervor und bedeuteten vom physikalischen Standpunkt aus, daß die Bewegung als eine Zustandsänderung aufgefaßt wurde; es kam darauf an, dem Begriff der Bewegung einen neuen physikalischen Inhalt zu geben. Das geschah einerseits durch die Elektrodynamik, andererseits durch die statistische Thermodynamik. Aus der ersteren ging später die Relativitätstheorie hervor, aus der zweiten die Quantentheorie.

Die Relativitätstheorie Albert Einsteins bedeutete die Vollendung des Übergangs vom mechanistischen Weltbild zum elektromagnetischen. Sie fand den Ausweg aus den Widersprüchen, in denen sich die klassische Maxwellsche und Lorentzsche Elektrodynamik bewegte und vermochte logisch widerspruchsfrei die von der Physik gefundenen experimentellen Resultate (Michelson-Versuch, Fi-

zeausches Experiment, Versuche von Röntgen, Rowland und Eichenwald, Lichtabberation und Doppler-Effekt usw.), die in der Physik bekannten Tatsachen der Abhängigkeit der Masse von der Bewegungsgeschwindigkeit (Versuche von Bucherer, Kaufmann und später Neumann) zu erklären und den schon aus dem Relativitätsprinzip der Mechanik folgenden Zusammenhang zwischen skalarem und vektorielltem Maß der Bewegung (Energie und Impuls) zu verstehen.

Die Relativitätstheorie stellte endgültig die Unmöglichkeit einer Zurückführung elektromagnetischer Prozesse auf mechanische Modelle fest, hielt aber an einigen Prinzipien fest, die sie in allgemein-physikalische verwandelte: am Prinzip der Kovarianz der Bewegungsgleichungen, das die Tatsachen der Unabhängigkeit der Gesetze von einer willkürlichen Wahl des Koordinatensystems zum Ausdruck bringt; am Relativitätsprinzip; am Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, demzufolge das Gesetz der Ausbreitung einer Wellenfront für alle Inertialbezugssysteme gleichermaßen gültig bleibt (Feldinertialität). Dieses Gesetz der Ausbreitung einer Wellenfront besagt, daß die Lichtgeschwindigkeit die Grenzgeschwindigkeit für die Ausbreitung einer Wirkung von beliebiger Natur und nicht nur des Lichts ist. Aus dem universalen Charakter der Grenzgeschwindigkeit für die Ausbreitung eines Signals folgt, daß diese eine objektive Eigenschaft des Raumes und der Zeit ausdrückt.

Um das auf diesen Prinzipien gegründete Programm verwirklichen zu können, war Einstein gezwungen, die Sätze der klassischen Physik, die den absoluten Charakter des Raumes und der Zeit, d. h. ihre Unabhängigkeit von der relativen Bewegung der physikalischen Systeme behaupteten, zu revidieren. Diese Revision führte ihn zu der Schlußfolgerung, daß die räumlichen und zeitlichen Intervalle, die Gleichzeitigkeit von Ereignissen, die in genügend weit voneinander entfernten Punkten stattfinden, von den kinematischen Verhältnissen der materiellen Systeme abhängen. Auf diese Weise war der nichtabsolute Charakter einer ganzen Klasse physikalischer Größen, die den Zustand eines physikalischen Systems charakterisieren, festgestellt.

Das war eigentlich noch nichts „Neues“, selbst für die Prinzipien der klassischen Physik nicht: auch dort war bekannt, daß der Ursprung eines Bezugssystems, die Richtung der Geschwindigkeit, die Flugbahn eines sich bewegenden Massepunktes, die Bewegungsgeschwindigkeit und daher auch die Energie des Systems und sein Impuls (als Funktion der Geschwindigkeit) relative Größen sind, da sie in bezug auf die Galilei-Transformationen nicht invariant sind.

Der philosophische Relativismus bediente sich dieser Schlußfolgerungen der klassischen Theorie und besonders der Relativitätstheorie, um die idealistische Auffassung von der Bewegung zu begründen, nach der die physikalischen (kinematischen) Größen, die den Zustand des Systems charakterisieren, und folglich auch die räumlichen und zeitlichen Attribute von der scheinbaren, nichtobjektiven relativen Bewegung abhängen, d. h. nicht nur von der willkürlichen Wahl des Bezugssystems durch das Subjekt, sondern auch von dessen Bewußtsein, in welchem ein Wechsel von sinnlichen Wahrnehmungen, d. h. eine scheinbare, jedoch nicht wirkliche Bewegung vor sich geht. Die Lorentzsche Verkürzung der räumlichen und Verlängerung der zeitlichen Intervalle ist vom Standpunkt des Idealismus aus ein rein psychischer Prozeß, weil es außer der scheinbaren relativen Bewegung keine andere Ursache für diese relativistischen Effekte gibt. Deshalb kam es auch zu einer Reaktion auf diese positivistischen

Behauptungen, die sich in Versuchen einer Rückkehr zur vorrelativistischen Physik, in einer Lossage von der Relativitätstheorie äußerte (J. J. Thomson, Lenard, in der Gegenwart Janossy, aber auch Philosophen wie A. Maxinow, V. Stern, I. Kusnezow u. a.). Das heißt also, sowohl die einen als auch die anderen stimmen darin überein, daß die relativistische Physik zum Relativismus führt. Eine solche Auslegung der Relativitätstheorie ist aber falsch; logisch folgt sie nicht aus ihr.

Erstens ist die relative Bewegung keine scheinbare, sondern eine objektiv-reale Bewegung, die nicht vom Subjekt abhängt, d. h. die kinematischen Beziehungen sind materielle Beziehungen.

Zweitens hat die Wahl dieses oder jenes physikalischen Systems als Bezugssystem durch den Beobachter keinerlei Einfluß auf die Art der Abhängigkeit von der relativen Bewegung des zu untersuchenden Systems im Bezugssystem, ähnlich wie die Wahl dieser oder jener Arzneimittel bei der Bestimmung der Art ihrer Wirkung auf den Organismus, dem sie zugeführt werden, keine Rolle spielt.

Drittens kann diese Wahl auch nicht uneingeschränkt vorgenommen werden, da es ausgezeichnete Bezugssysteme — die Inertialsysteme — gibt, deren Existenz auf Grund objektiver Eigenschaften des Raumes und der Zeit möglich ist (Homogenität und Isotropie).

Viertens bilden die Übergänge von einem Inertialsystem zu einem anderen eine Lorentzsche Transformationsgruppe, die nicht nur die in den Bewegungsgleichungen ausgedrückten Naturgesetze invariant läßt, sondern ebenso eine ganze Klasse von Größen, die unter den gegebenen kinematischen Verhältnissen der sich zueinander inertial bewegenden physikalischen Systeme absolut sind: eine solche Invariante ist das Raum-Zeit-Intervall zwischen Punktereignissen der Raum-Zeit, also der Abstand von Ereignissen.

Die Relativitätstheorie führte zu einer äußerst wichtigen theoretischen Verallgemeinerung: es existiert objektiv, als Existenzform der Materie, eine Raum-Zeit, die absolut, d. h. unabhängig von einer relativen, objektiv-realen Bewegung ist. Die Logik des Aufbaus der Theorie muß deshalb von dieser absoluten Raum-Zeit und deren Homogenitäts- und Isotropieeigenschaften ausgehen und von hier zu einer Aufdeckung dieser Eigenschaften in relativ zueinander bewegten Systemen kommen.

Die Relativitätstheorie ist gerade jene physikalische Theorie der Raum-Zeit; deshalb fällt eine Analyse des detaillierten Mechanismus der Prozesse, die in den physikalischen Systemen vor sich gehen, nicht in ihren Bereich und kann nicht ihre Aufgabe sein.

Der philosophische Relativismus geht aber weiter. Es geht darum, daß die Relativitätstheorie auch die dynamischen Charakteristiken der physikalischen Systeme relativierte: Masse, Energie, Impuls, Kraft. Die Aufstellung des Gesetzes der Äquivalenz von Masse und Energie durch Einstein gab dem physikalischen Idealismus Anlaß, zu dem bereits von Lenin entlarvten Energetismus zurückzukehren: aus dem Äquivalenzgesetz wurde die Schlußfolgerung gezogen, daß sich Masse in Energie, d. h., so sagen die Relativisten, Materie in Energie verwandele. Und abermals beeilten sich metaphysisch denkende Materialisten, sich vom Äquivalenzgesetz zu distanzieren, dasselbe durch das Gesetz der wechselseitigen Abhängigkeit von Masse und Energie zu ersetzen und es von der Rela-

tivitätstheorie, als eine nicht notwendig mit ihr verbundene Behauptung loszulösen. Das ist aber falsch.

Wenn man das Äquivalentgesetz als eine direkte, unmittelbare Verallgemeinerung der Erfahrung nimmt (Kernreaktionen, z. B. die Synthese des Heliums aus Wasserstoff) und die Frage stellt, welche Kinematik diesem Gesetz entspricht, so läßt sich zeigen, daß das die Kinematik der Relativitätstheorie ist.

Außerdem ist das Gesetz der Äquivalenz von Masse und Energie ein Ausdruck des Zusammenhangs der trägen Masse mit dem Impuls und der Energie als zwei Komponenten eines einheitlichen Maßes der Bewegung¹⁴, dessen absoluter Charakter im Gesetz der Transformation seiner Komponenten in verschiedenen Bezugssystemen zum Ausdruck kommt (Invarianz des Maßes der Bewegung in bezug auf die Lorentz-Transformation).

Weiter, dieses absolute Maß der Bewegung entspricht den Eigenschaften der Raum-Zeit (das relative skalare Maß — die Energie — ist mit dem relativen vektoriellen Maß — dem Impuls — verbunden), und da eine universelle Konstante existiert — die Lichtgeschwindigkeit —, so charakterisiert dieses Maß nicht nur die mechanische Bewegung, sondern eine Zustandsänderung in jedem beliebigen mechanischen System (z. B. die Zustandsänderung eines thermodynamischen Systems, in dem eine Änderung der Energie mit einer Änderung des Impulses verknüpft ist, genauso wie im Falle der Energie eines elektro-dynamischen Systems, das nicht nur Korpuskel, sondern auch Feld einschließt). Die Relativitätstheorie legt dem Begriff der Bewegung einen allgemeinen physikalischen Inhalt bei. Daher führte sie auch zu einer Neufassung der Mechanik auf relativistischer Grundlage.

Endlich erschöpfen die rein kinematischen Effekte nicht die Natur der Energie und des Impulses eines Systems, da die Ruhemasse und die ihr entsprechende Ruheenergie in Gestalt von Invarianten existieren. Die Ursachen hierfür liegen in der Struktur des Atoms und tiefer, in der Struktur der Elementarteilchen, was uns aus dem Rahmen der Relativitätstheorie in das Gebiet der Quantenmechanik und der Theorie der Elementarteilchen führt.

Somit stellen wir fest, daß unter gegebenen Verhältnissen sowohl Relatives als auch Absolutes existiert, wobei das Letztere unter den gegebenen kinematischen Bedingungen absolut ist.

Was die erkenntnistheoretischen Schlußfolgerungen des Relativismus angeht, so sind diese nicht stichhaltig: Äquivalenz ist nicht gleich Identität; Masse und Energie sind zwei verschiedene Eigenschaften eines physikalischen Systems, die dessen Zustand charakterisieren, und es ist unsinnig, die Verwandlung der einen Eigenschaft in die andere anzunehmen. Außerdem, diejenigen, die dergleichen Schlußfolgerungen ziehen, erheben die Masse bzw. die Energie in den Rang eines erkenntnistheoretischen Merkmals der Materie bzw. der Bewegung. Sie vergessen dabei, daß Lenin erstens prinzipiell die Möglichkeit der Existenz eines materiellen Objekts, das keine Masse besitzt, zuläßt, daß er ferner der Meinung war, daß sich in der Terminologie des Energetismus mehr oder weniger konsequent sowohl der Materialismus als auch der Idealismus ausdrücken kann, und daß er schließlich die Ausdrücke „sich bewegende Materie“ und „materielle

¹⁴ W. S. Sorokin: *Das Gesetz der Erhaltung der Bewegung und das Maß der Geschwindigkeit in der Physik*. Fortschritte der physikalischen Wissenschaften. 1956. Bd. LIX. H. 2. S. 325–62. (russ.)

Bewegung“ für gleichwertig hielt. Von diesem Gesichtspunkt aus besteht die große Bedeutung der Relativitätstheorie darin, daß sie die Auffassung von der Masse als einem Charakteristikum der sich bewegenden *Materie* und die Auffassung von der Energie als einem Charakteristikum der *Bewegung* der Materie begründete. Die Erhaltungsgesetze sind untrennbar mit den Eigenschaften des Raumes und der Zeit verbunden. Deshalb kann die Bewegung der Materie nicht als eine bloße mechanische Ortsveränderung in leeren, dieser Bewegung gegenüber indifferenten Formen betrachtet werden. Ausgehend von diesem Gesichtspunkt muß der Versuch eines neuen axiomatischen Aufbaus der Relativitätstheorie, der von A. D. Alexandrow unternommen wurde, unbedingt die Festsetzung des physikalischen Sinnes der geometrischen Größen in sich einbeziehen.¹⁵

Bekanntlich ging Einstein weiter, indem er die Theorie des Gravitationsfeldes entsprechend den Ideen der Relativitätstheorie umgestaltete. Er arbeitete die allgemeine Relativitätstheorie aus, in deren Rahmen eine neue Gravitationstheorie (die Gleichungen des Gravitationsfeldes) gewonnen wurde. Hier wird eine zusätzliche Behauptung über den Charakter der Bewegung von Massepunkten eingeführt; später entstand eine verallgemeinerte Theorie, in der sich aus den Feldgleichungen die Bewegungsgleichungen der Massepunkte ableiten ließen. Wir wollen nicht auf die Anwendungen der allgemeinen Relativitätstheorie auf kosmologische Probleme eingehen (zu dieser Frage existiert eine ausführliche Untersuchung von E. Schatzmann)¹⁶; es muß aber hervorgehoben werden, daß der philosophische Relativismus sich nicht nur falscher und willkürlicher kosmologischer Schlußfolgerungen bedient, sondern auch der Ideen der allgemeinen Relativitätstheorie selbst — der Relativität der Beschleunigung und folglich auch der Relativität der dynamischen Effekte.

Die allgemeine Relativitätstheorie brachte eine Erklärung der Gravitationserscheinungen. Ihre Grundidee besteht darin, daß die Energie- und Impulsverteilung (ausgenommen die Energie und den Impuls des Gravitationsfeldes) mittels einer pseudo-Riemannschen Metrik des Raumes, in dem die Ereignisse sich abspielen, mit dem Schwerfeld verknüpft wird; das Gravitationsfeld wird indirekt in der Krümmung der Raum-Zeit berücksichtigt. Dennoch existieren Gravitationswellen, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten und Energie und Impuls übertragen; der nichtlineare Charakter der Feldgleichungen schuf die Möglichkeit, die Bewegungsgleichungen von Massepunkten und endlichen Massen im Schwerfeld abzuleiten.

Nun hielt Einstein nicht nur das allgemeine Relativitätsprinzip, d. h. die Zulässigkeit beliebiger Transformationen, zusammen mit der Behauptung der Identität des Gravitations- und des metrischen Feldes für Bestandteile der ganzen Theorie, wobei er das Schwergewicht auf das erste Prinzip legte, sondern erkannte auch das Machsche Prinzip an, aus dem die Relativität der Trägheit folgte. Dieses Prinzip, daß die Heraushebung von ausgezeichneten Bezugssystemen überhaupt ausschloß, gestattete es, die Physik vollständig zu kinematisieren. Davon ausgehend zog der philosophische Relativismus die Schlußfolgerung von der Gleichwertigkeit des kopernikanischen und des ptolemäischen Systems, von dem Fehlen

¹⁵ A. D. Alexandrow: Der philosophische Inhalt und die Bedeutung der Relativitätstheorie. Fragen der Philosophie. 1959. H. I. S. 67–84. (russ.)

¹⁶ E. Schatzmann: Kritische Übersicht über die in Westeuropa und Amerika verbreiteten kosmologischen Theorien. Teil I. 1954. Teil II. 1955

eines objektiven Kriteriums für die Bewertung der Wahrheit des ersten und der Falschheit des zweiten, die Schlußfolgerung, daß die Wahl des kopernikanischen Systems, das mit einem bevorzugten Koordinatensystem verbunden ist, eine Sache der reinen Bequemlichkeit sei. Die letztliche Schlußfolgerung war: alles hängt davon ab, was für ein System der Beobachter als Bezugssystem wählt. Davon hängen nicht nur die kinematischen, sondern auch die dynamischen Effekte ab (die Machsche Interpretation des Newtonschen Versuchs mit dem mit Wasser gefüllten Eimer, mit den zwei Flüssigkeitstropfen, die Versuche der Brüder Friedländer usw.); aus dem Machschen Prinzip folgt die Behauptung der Endlichkeit der Welt.

Die Reaktion gegen den philosophischen Relativismus brachte eine Reihe hervorragender Physiker, in erster Linie W. A. Fok, nicht nur zu einer anderen Interpretation der Ansichten Einsteins und zu einer Kritik seiner Theorie, sondern darüber hinaus zum Aufbau einer neuen Gravitationstheorie, deren Gleichungen allerdings mit den Gleichungen Einsteins, die dieser zusammen mit Infeld und Hofmann erhalten hatte, zusammenfielen. Anschließend an Fok und seine Mitarbeiter beschäftigten sich Papapetrou, Keller und andere Physiker mit der Ausarbeitung ähnlicher Ideen. Es handelt sich dabei um zwei verschiedene physikalische Konzeptionen.

Die Konzeption Foks geht von Folgendem aus:¹⁷

1. Die allgemeine Relativitätstheorie Einsteins ist keine Theorie der Relativität, sondern der Gravitation; das Relativitätsprinzip ist nicht identisch mit dem Prinzip der allgemeinen Kovarianz: das letztere gilt auch in der Gravitationstheorie, das erstere dagegen drückt die Homogenität und die Isotropie des Raumes aus, die durch das Vorhandensein gravitierender Massen und von ihnen geschaffener Felder gestört werden. In der pseudo-Euklidischen Geometrie sind die Koeffizienten der quadratischen Form konstant, in der pseudo-Riemannschen Geometrie haben wir es mit Koordinatentransformationen zu tun, die eine Veränderung dieser Koeffizienten nach sich ziehen. Das Vorhandensein von Gravitationsfeldern schränkt also die Relativität ein, maximale Transformationsgruppe bleibt nach wie vor die Lorentzgruppe.

2. Im Falle eines ins Unendliche homogenen Raumes kann man bevorzugte Bezugssysteme einführen (harmonische Koordinaten), was eine Ergänzung der Gravitationsgleichungen durch Differentialgleichungen vom Type der d'Alembert'schen bedeutet (ihnen genügen harmonische Koordinaten). Das aber bedeutet eben, daß das kopernikanische und das ptolemäische Bezugssystem nicht gleichwertig sind.

3. Der Ausgangspunkt für den Aufbau der Theorie muß die durch die Erfahrung bewiesene Gleichheit von träger und schwerer Masse sein und nicht das Prinzip der Äquivalenz von Trägheitskraft und Schwerkraft, die einen streng lokalen Charakter tragen. Fiktive Gravitationskräfte sind von realen zu unterscheiden: die ersteren verschwinden bei einer entsprechenden Wahl der Koordinaten, die letzteren dagegen können durch keinerlei Transformationen beseitigt werden. Aus diesem Grunde darf man in der Gravitationstheorie auch nicht eine Erklärung der Natur der Trägheitskräfte sehen. In Zusammenhang damit behält die Beschleunigung absoluten Charakter in bezug auf den Raum.

Diese Grundsätze verbindet W. A. Fok mit philosophischen Ansichten des dialektischen Materialismus über eine Theorie des Raumes, der Zeit und der Gravitation.

¹⁷ W. A. Fok: Die Raum-Zeit- und Gravitationstheorie. Moskau 1955 (russ.)

Allerdings bestreitet eine große Gruppe von Physikern, die ebenfalls die Prinzipien des dialektischen Materialismus teilen, daß die Ansichten W. A. Foks die einzig möglichen seien, die mit diesen Prinzipien übereinstimmen. Das ist der Standpunkt von L. Infeld, Ginsburg, Landau, M. F. Schirokow, Frankl u. a. Ihre Interpretation kommt, ungeachtet dessen, daß sie von beiden Prinzipien der Relativitätstheorie ausgehen, zu Schlußfolgerungen, die dem philosophischen Relativismus direkt entgegengesetzt sind:

1. Diese Interpretation nimmt das Prinzip der Äquivalenz von Trägheitskraft und Schwerkraft an. Damit hält sie es für möglich, sich vom Inertialsystem loszusagen, das eine Abstraktion darstellt, die in der Natur nicht realisiert ist, da es in der Natur keine isolierten Systeme gibt.

2. Daraus folgt das Kovarianzprinzip, welches anerkennt, daß die Naturgesetze (die Gesetze der Physik) selbst bei allgemeinsten Koordinatentransformationen invariant bleiben. L. Infeld zeigte, daß die Koordinatenbedingungen für die Herleitung der Bewegungsgleichungen aus den allgemein-kovarianten Feldgleichungen unwesentlich sind. Die Annahme harmonischer Koordinaten hat demnach nicht den Charakter eines physikalischen Gesetzes.

3. Obwohl das Äquivalenzprinzip einen streng lokalen Charakter hat, ist es doch für die Formulierung des allgemeinen Relativitätsprinzips hinreichend. Die Notwendigkeit des letzteren folgt daraus, daß die Felder der Trägheitskräfte nicht fiktiv, sondern real sind und die Effekte dieser Felder sich in der Erfahrung offenbaren (z. B. im Falle eines rotierenden Bezugssystems). Die Forderung, daß der Krümmungstensor gleich Null sei, ist noch nicht hinreichend für galileische

Koordinaten, erst die Bedingung $g_{\mu\nu} = \begin{cases} 1, & \mu = \nu \\ 0, & \mu \neq \nu \end{cases}$ macht sie zu solchen (eben das bringt die Realität der Trägheitsfelder zum Ausdruck).

4. Solange es um die mathematische Formulierung der allgemeinen Relativitätstheorie geht, sind alle Systeme gleichwertig; physikalische Gesichtspunkte führen jedoch zu einem Inertialsystem, das in der allgemeinen Relativitätstheorie bevorzugt ist. So bedienen wir uns im Falle des Sonnensystems eines Systems, in dem die Sonne ruht und das in großer Entfernung von der Sonne als Inertialsystem betrachtet werden kann. Aus diesem Grunde ist das kopernikanische System mit dem ptolemäischen nicht gleichwertig.

5. Wenn man an das Problem der Bezugssysteme von physikalischen Gesichtspunkten aus herangeht, so ist das Inertialsystem der Newtonschen Mechanik ein isoliertes System, in ihm sind die Erhaltungsgesetze und die daraus folgenden Bewegungsgesetze des Massenzentrums gültig. Dieses System ist in der Maxwell'schen Theorie nicht anwendbar, da ein System bewegter Ladungen nicht isoliert ist, — erst durch das Einbeziehen des elektromagnetischen Feldes wird es isoliert. In diesem Falle haben wir wieder ein Inertialsystem mit allen Konsequenzen daraus. Man kann zeigen, daß auch in der allgemeinen Relativitätstheorie ein Trägheitszentrum eines gegebenen Körpers im Bezugssystem existiert, das mit dem Trägheitszentrum des Systems als Ganzem zusammenhängt: das Trägheitszentrum eines beliebigen Körpers des Systems bewegt sich auf einer geodätischen Linie im Schwerfeld der ihn umgebenden Körper; daraus ergeben sich die Bewegungsgleichungen der Körper im Schwerfeld.

6. In diesem Falle ist der vierte Vektor der Beschleunigung in der allgemeinen Relativitätstheorie, der gegenüber allgemeinen Transformationen invariant, d. h.

absolut ist, gleichzeitig auch relativ in dem Sinne, daß er die Beziehungen eines sich bewegenden Massepunktes zu der ihn umgebenden Materie (zum Gravitationsfeld) widerspiegelt. Die Ausdrücke für diesen Vektor und seinen Modul enthalten auch Ableitungen derselben, die vom umliegenden Gravitationsfeld abhängen (Frankl).

Allgemein gesagt wird also die Wahl des Bezugssystems von konkreten physikalischen Gesichtspunkten bestimmt.

Die allgemeine Relativitätstheorie hat gezeigt, daß Raum und Zeit in ihrer Struktur von den Eigenschaften der Materie bestimmt werden. Um die prinzipiellen Grundlagen dieser Theorie wird diskutiert und wir sehen, daß der von uns zuletzt dargelegte Standpunkt, der die physikalischen Ideen des Schöpfers der Relativitätstheorie beibehält, dem dialektischen Materialismus nicht widerspricht, für den das Absolute an sich nur in einem gegebenen System von Bedingungen existiert und relativ ist in bezug auf den Übergang zu anderen Bedingungen. Es ist eine weitere Entwicklung der Theorie notwendig: so kann in der Kosmologie als beste Annäherung die partiell-homogene Friedmann-Lobatschewskische Raum-Zeit dienen; allerdings ist die Frage des bevorzugten Bezugssystems in diesem Falle noch nicht erforscht (W. A. Fok). Andererseits sind einige Resultate für die Überprüfung der relativistischen Effekte der allgemeinen Relativitätstheorie auf der Grundlage der Resultate der sowjetischen Erdtrabanten und des ersten sowjetischen künstlichen Planeten zu erwarten; auf alle Fälle haben solche Physiker wie L. Infeld und W. Ginsburg darauf hingewiesen, daß es durchaus möglich ist, auf diesem Wege auf einige der von der Relativitätstheorie gestellten Fragen Antwort zu bekommen.