

Standpunkte der marxistischen Philosophie zur Entwicklung der Physik. 3. Auflage, Urania-Verlag Leipzig Jena . Berlin, 1975.

Einleitung

Mit der wachsenden Bedeutung der Physik für das menschliche Zusammenleben verändert sich ihre Beziehung zur Philosophie. Im Altertum gab es keine systematischen Untersuchungen physikalischer Prozesse. Geniale Hypothesen über Naturzusammenhänge wurden aufgestellt, die auf wenig Tatsachenmaterial beruhten, jedoch in einigen Fällen großen Einfluß auf die spätere Forschung gewannen, denken wir nur an die Atomistik. In der Renaissance vollzog sich die philosophische Auseinandersetzung vor allem unter religiöser Flagge. Die Physik mußte schwer um ihre Emanzipation kämpfen. Namen wie Galilei, Bruno, Kepler und Copernicus erinnern uns an den Kampf der Physiker gegen Glaubensdogmen, die ihren wissenschaftlichen Forschungsergebnissen entgegenstanden. Im entstehenden Kapitalismus erlangt dann die Physik große Bedeutung für die sich schnell entwickelnden Produktivkräfte. Der mechanische Materialismus glaubte alle Ereignisse wissenschaftlich erklären zu können. Die idealistische Naturphilosophie dagegen war im wesentlichen spekulativ. So kam es im 19. Jahrhundert zu einem Gegensatz zwischen Philosophie und Naturwissenschaft, den Hermann v. Helmholtz mit folgenden Worten charakterisierte: „Die Naturforscher wurden von den Philosophen der Borniertheit geziehen. Die Letzteren von den Ersteren der Sinnlosigkeit. Die Naturforscher fingen nun an, ein gewisses Gewicht darauf zu legen, daß ihre Arbeiten ganz frei von allen philosophischen Einflüssen gehalten seien, und es kam bald dahin, daß viele von ihnen, und zwar selbst Männer von hervorragender Bedeutung, alle Philosophie nicht nur als unnütz, sondern selbst als schädliche Träumerei verdammten.“¹

Helmholtz sprach diese Feststellung mit Bedauern aus, weil er selbst von der Bedeutung der Philosophie überzeugt war. Nach seiner Meinung solle sie sich vor allem mit dem exakten Studium wissenschaftlicher Methoden und menschlicher Erkenntnis überhaupt befassen. In dieser Zeit entwickelte sich gerade die marxi-[6]stische Philosophie innerhalb der Arbeiterbewegung. Nur sie war zur Lösung der von Helmholtz genannten Aufgaben geeignet. Vor allem überwand sie einen grundsätzlichen Mangel der vormarxistischen Philosophie, indem sie wissenschaftlich an die Untersuchung der Gesellschaft heranging. Marx, Engels und Lenin schufen damit auch die Grundlage für ein neues Verhältnis der Philosophie zur Physik. Physikalische Forschungsergebnisse wurden verallgemeinert und bildeten damit einen Teil der wissenschaftlichen Grundlagen für die marxistische Philosophie, den dialektischen und historischen Materialismus. Die Aufgabe der Philosophie wurde nicht in der Dogmatisierung von spekulativen Grundprinzipien des Weltaufbaus gesehen, sondern in der Analyse einzelwissenschaftlicher Ergebnisse, die zur Entwicklung der dialektisch-materialistischen Erkenntnistheorie und Methodologie führt. Die Philosophie wurde damit wieder eng mit der Physik verbunden. Jene löste auftauchende erkenntnistheoretische und methodologische Probleme der Physik, während diese zur Vertiefung philosophischer Standpunkte und zur Entwicklung philosophischer Theorien wie dem Determinismus, der Struktur- und Bewegungstheorie beitrug.

Die hervorragenden Entdeckungen der Physik unseres Jahrhunderts wurden zum Prüfstein für die dialektisch-materialistische Naturauffassung. Lenin gab in seinem Werk „Materialismus und Empirio-kritizismus“ eine Analyse grundlegender philosophischer Probleme der Naturwissenschaft zu Beginn unseres Jahrhunderts. Darüber hinaus zeigte er aber auch die gesellschaftlichen Ursachen für den ideologischen Kampf, der um die Interpretation neuester Ergebnisse der Naturwissenschaft tobte. Lenin forderte dazu auf, ein enges Bündnis mit den streitbaren Materialisten unter den Naturwissenschaftlern herzustellen, um gemeinsam den Kampf gegen

¹ H. von Helmholtz, Populärwissenschaftliche Vorträge, Heft 1; Braunschweig 1865, S. 7.

Mystik und haltlose Spekulationen philosophischer Art zu führen. Es gab aber einige Philosophen und Naturwissenschaftler, die Lenins Hinweise nicht verstanden. Aus philosophischen Erwägungen wurden neue naturwissenschaftliche Ergebnisse abgelehnt. Besonders scharf wurde in der Physik um die Quanten- und Relativitätstheorie gestritten. Beide Theorien erforderten die Präzisierung philosophischer Kategorien wie Kausalität, Zufall, Raum-Zeit usw. Aufgabe marxistischer Philosophen muß es in einem solchen Falle sein, die auf exakten wissenschaftlichen Ergebnissen basierenden neuen Denkweisen zu verallgemeinern und mit durchsetzen zu helfen. Überall verlangen dabei neue Ideen einen Bruch mit alten vertrauten Überzeugungen.

[7] In welche Gewissenskonflikte das einen Wissenschaftler bringen kann, zeigt die Meinung, die der bekannte Physiker Lorentz in einem Gespräch 1924 zum Ausdruck brachte. Vor der Quantentheorie lehrte er, daß ein Elektron, wenn es sich um den Atomkern bewegt, Energie verliert. Das entsprach den Ergebnissen der Elektrodynamik. Nach der Entwicklung der Quantentheorie mußte er nun seinen Studenten beibringen, daß das sich um den Kern bewegende Elektron keine Energie verliert. Seinem Gesprächspartner, dem sowjetischen Physiker Joffe, stellte er die Frage: „Wo ist die Wahrheit, wenn man über die Objekte sich widersprechende Aussagen machen kann?“ Lorentz schloß das Gespräch mit den pessimistischen Worten: „Ich verlor den Glauben, daß meine wissenschaftliche Arbeit zur objektiven Wahrheit führt, und ich weiß nicht, wofür ich lebe. Ich bedaure nur, daß ich nicht fünf Jahre früher gestorben bin, als mir alles noch klar erschien.“² Diese Auffassung ist ein Beispiel dafür, wohin ein Wissenschaftler kommen kann, wenn er den dialektischen Materialismus nicht kennt. Tatsächlich hilft die dialektisch-materialistische Analyse des Erkenntnisprozesses beim Verständnis der oft sprunghaften Erkenntnisfortschritte. Die sich ergebenden widersprüchlichen Aussagen über das Verhalten physikalischer Objekte beweisen keinesfalls den Verlust der objektiven Wahrheit. Sie zeigen aber, wie kompliziert es ist, die Wahrheit zu finden. Die objektiven physikalischen Zusammenhänge sind stets komplizierter, als es unsere derzeitigen Theorien zum Ausdruck bringen. Verschiedene objektive Eigenschaften stehen einander sogar entgegen. Das wurde deutlich, als man entdeckte, daß Licht aus Quanten besteht und damit Korpuskeleigenschaften besitzt, deren Teilchen auch wie Wellen gebeugt werden. Inzwischen hat man sich daran gewöhnt, daß einheitliche Objekte solche sich widersprechende Eigenschaften zeigen. Lorentz war als Physiker nicht mit dem philosophischen Wahrheitsproblem fertig geworden.

Heute entwickelt sich die Physik noch schneller als zur Zeit von Lorentz. Dadurch wachsen die erkenntnistheoretischen und methodologischen Probleme an. Sie können alle nur in Gemeinschaftsarbeit gelöst werden, bei der sich der Philosoph mit den allgemeinen weltanschaulichen, erkenntnistheoretischen und methodologischen Problemen befaßt. Dabei muß er vor allem auch das Material der Einzelwissenschaften verarbeiten, das Hinweise auf die Existenz verschiedener Typen von Gesetzen, auf das Verhältnis von System, Struktur und Element usw. gibt. Das trägt wiederum [8] zur Vervollkommnung philosophischer Standpunkte bei. Die Physik kann uns viele interessante Einsichten in die Materiestruktur vermitteln. Der Philosoph muß deshalb heute schon die verschiedenen physikalischen Ansätze analysieren und die neuen Denkelemente herausfinden, die in anderen Forschungsbereichen erkenntnisfördernde Bedeutung haben könnten. Er kann durch die Aufstellung philosophischer Hypothesen selbst heuristische Hinweise für die physikalische Forschung geben. Seine Hauptaufgabe bleibt aber die Lösung erkenntnistheoretischer und methodologischer Probleme.

Wir können uns in diesem Buch nur mit einigen Hauptproblemen befassen. Dazu gehört vor allem das Verhältnis des Materialismus zur modernen Physik. Die Quantentheorie zeigte, daß der Mensch, um die physikalischen Objekte erkennen zu können, sie mit Hilfe der von ihm entwickelten Geräte verändern muß. Das führte zu der Behauptung, der materialistische

² A. F. Joffe, Begegnungen mit Physikern, Moskau 1962, S. 77.

Standpunkt sei überholt, da das physikalische Objekt dem Einwirken durch den Physiker ausgesetzt sei. Hinter diesen Argumenten gegen den dialektischen Materialismus steckt dabei meist jene veraltete Materieauffassung des mechanischen Materialismus.

In der dialektisch-materialistischen Theorie des Zusammenhangs, dem dialektischen Determinismus, geht es um das Verhältnis von dynamischen und statistischen Gesetzen. In einem besonderen Abschnitt wollen wir die philosophischen Probleme der Elementarteilchentheorie hervorheben, um dann das Verhältnis von Kosmologie und Elementarteilchenphysik zu betrachten und noch auf das Verhältnis von Anschaulichkeit und Abstraktion einzugehen. Den Abschluß bildet der Versuch, die bisher wenig untersuchte Bedeutung der Physik für die Herausbildung einer wissenschaftlichen Erklärung des Menschen und seines Verhaltens zu zeigen. Das ist für die weltanschauliche Funktion der marxistisch-leninistischen Philosophie, die sie mit der heuristischen erfüllen muß, besonders wichtig. Weltanschauung ist ein System von Antworten auf die Fragen nach dem Ursprung der Welt und der Quelle des Wissens, nach der Stellung des Menschen in der Welt, nach dem Sinn des Lebens und dem Charakter des gesellschaftlichen Fortschritts. Diese Fragen werden durch die marxistisch-leninistische Philosophie wissenschaftlich beantwortet, indem sie auch die Erkenntnisse der Physik nach philosophischer Verallgemeinerung dazu nutzt. [9]

Materialismus und moderne Physik

Materie und Substanz

Die moderne Physik widerlegte die mechanisch-materialistische Materieauffassung, nach der Materie all das sei, was schwer, träge und undurchdringlich ist sowie konzentriert den Raum erfüllt. Es ergaben sich aus der Entwicklung der Physik für den Materialismus zwei grundsätzliche Probleme. Erstens ging es um die Frage, ob Materie und Substanz gleichzusetzen seien. Dabei wurden als Substanz letzte hypothetisch angenommene unteilbare Teilchen betrachtet. Zweitens zeigte die moderne Physik, daß zur Erkenntnis der physikalischen Objekte Geräte eingesetzt werden müssen, die die Eigenschaften der zu erkennenden Objekte verändern. Die Lösung beider Fragen ist miteinander verbunden. Der bekannte Physiker Heisenberg charakterisierte das Weltbild des mechanischen Materialismus des 19. Jahrhunderts mit folgenden Worten: „Die Atome als das eigentlich unveränderlich Seiende bewegen sich im Raum, in der Zeit, und durch die gegenseitige Anordnung und Bewegung rufen sie die bunten Erscheinungen unserer Sinnenwelt hervor.“³ Mit dieser Auffassung war schon im 19. Jahrhundert die Existenz des Lichtes nicht zu erklären. Noch schwieriger wurde die Situation, als die Elektrizitätslehre entdeckt wurde. Heisenberg schreibt dazu weiter: „Ein erster, wenn auch noch nicht allzu gefährlicher Einbruch in dieses Weltbild geschah in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts durch die Entwicklung der Elektrizitätslehre, in der nicht die Materie, sondern das Kraftfeld als das eigentlich Wirkliche gelten mußte. Ein Wechselspiel zwischen Kraftfeldern ohne eine Substanz als Träger der Kräfte war weniger leicht verständlich als die materialistische Realitätsvorstellung der Atomphysik und brachte ein Element von Abstraktheit und Unanschaulichkeit in das sonst scheinbar so einleuchtende Weltbild.“⁴ Es wurde deshalb versucht, auch die Elektrizitätslehre mechanisch-materialistisch zu begründen. Zu diesem Zweck wurde der Äther gesucht, der die substantielle Grundlage des Lichtes und der Elektrizität darstellen sollte. Der Streit um die Existenz des [10] Äthers wurde erst durch die Entdeckung der Einsteinschen Relativitätstheorie entschieden.

Gleichzeitig entwickelten sich unsere Erkenntnisse über die Struktur der Atome durch die Entdeckung der Elementarteilchen, die die Teile des Atoms bilden. Man konnte nun wiederum

³ W. Heisenberg, Das Naturbild der heutigen Physik, Hamburg 1955, S. 10.

⁴ Ebenda, S. 10.

diese Elementarteilchen als die letzten unteilbaren Bausteine der Materie annehmen. In diesem Sinne schreibt Werner Heisenberg: „Für die prinzipiellen Fragen aber ändert sich nichts, wenn wir nun Protonen, Neutronen und Elektronen als die kleinsten Bausteine der Materie erkannt haben und als das eigentlich Seiende interpretieren. Wichtig für das materialistische Weltbild ist nur die Möglichkeit, diese kleinsten Bausteine der Elementarteilchen als die letzte objektive Realität zu betrachten.“⁵ Die prinzipielle physikalische Kritik an der mechanischen Materieauffassung sieht Heisenberg gerade in der Situation der modernen Physik, die wir bereits geschildert haben. Da die Elementarteilchen mit Hilfe von makrophysikalischen Geräten erkannt werden müssen, üben diese Geräte einen Einfluß auf die Teilchen aus. Dadurch ist es nicht mehr möglich, die Teilchen und ihre Eigenschaften an sich zu erkennen. Sie werden immer in einer bestimmten experimentellen Situation erkannt, die sich auf die Parameter der Teilchen auswirkt. Heisenberg schreibt dazu: „Es hat sich herausgestellt, daß jene erhoffte objektive Realität der Elementarteilchen eine zu grobe Vereinfachung des wirklichen Sachverhalts darstellt und viel abstrakteren Vorstellungen weichen muß. Wenn wir uns ein Bild von der Art der Elementarteilchen machen wollen, können wir nämlich grundsätzlich nicht mehr von den physikalischen Prozessen absehen, durch die wir von ihnen Kunde erlangen. Wenn wir Gegenstände unserer täglichen Erfahrung beobachten, spielt ja der physikalische Prozeß, der die Beobachtung vermittelt, nur eine untergeordnete Rolle. Bei den kleinsten Bausteinen der Materie aber bewirkt jeder Beobachtungsvorgang eine grobe Störung. Man kann gar nicht mehr vom Verhalten des Teilchens losgelöst vom Beobachtungsvorgang sprechen.“⁶ Hier zeigt sich die enge Verbindung der obengenannten zwei Probleme. Durch die Einwirkung des erkennenden Subjekts auf das zu erkennende physikalische Objekt wird dieses Objekt verändert. Dabei ergibt sich, daß diesem Objekt nicht mehr die Eigenschaften einer unveränderlichen Substanz zugeschrieben werden können, die im Wechsel der Erscheinungen gleichbleibt.

In der Substanzauffassung spielen zwei Gedanken eine Rolle. [11] Einerseits soll die Substanz der letzte Träger aller Eigenschaften und Bestimmungen sein. Andererseits ist die Substanz das, was bleibt, wenn die Eigenschaften und Bestimmungen wechseln. Verbunden mit der Anerkennung letzter unteilbarer Teilchen, war der Substanzgedanke in der Physik solange fruchtbar, wie diese hypothetischen Teilchen, die Atome, noch nicht gefunden waren. Die Atome fungierten als letzte Träger aller Eigenschaften und Bestimmungen, auf deren quantitative Beziehungen die qualitative Vielfalt der Erscheinungen zurückgeführt werden konnte. Aber selbst als der Substanzgedanke, das heißt die Anerkennung eines letzten Trägers von Eigenschaften, aufgegeben werden mußte, weil mit den Elementarteilchen elementarere physikalische Objekte gefunden wurden, konnte der Beharrungsgedanke noch aufrechterhalten werden. Die Weiterentwicklung der Physik stellte aber auch diesen in Frage. Sie zwingt, die Materiestruktur in ihren allgemeinen Seiten anders zu bestimmen, als das in der klassischen Physik der Fall war. Im Vordergrund steht nicht mehr die raum-zeitliche Bestimmung der Bewegung eines klassischen Körpers. Elementarteilchen verwandeln sich ineinander. Es existieren mit den Resonanzen Elementarteilchen, die als Ganzes in Reaktionen auftreten, aber dann wieder zerfallen. Der für die Substanzauffassung wesentliche Gedanke des Trägers von Eigenschaften kommt damit ins Wanken. Es ergibt sich deshalb die Unhaltbarkeit des Substanzgedankens in der modernen Physik.

Die materielle Einheit der Welt kann nicht in der Wechselwirkung von unveränderlichen Substanzen gefunden werden, deren Eigenschaften sich zwar ändern, sie sich selbst aber nicht. Dadurch wurde die physikalische Forschung auf das Suchen nach letzten Elementen orientiert, die qualitativ gleichartig und durch ihre quantitativen Beziehungen die Wirklich-

⁵ Ebenda, S. 11.

⁶ Ebenda, S. 12.

keit in ihrer Vielfalt erklären sollten. Die moderne Physik wendet sich aber auch von dieser Auffassung ab. Sie sucht die Existenz der Teilchen selbst durch die Untersuchung ihrer Eigenschaften, die sie erst durch die Wechselwirkung mit anderen Teilchen erhalten, zu erklären. Während die Substanzauffassung den unveränderlichen Träger voraussetzt, an dem sich etwas verändert, nimmt die moderne Physik das materielle Geschehen in erster Linie als Veränderung, als Wechselwirkung und sucht nach Strukturgesetzen dieser Veränderung.

Bevor jedoch die moderne Physik den mechanisch-materialistischen Materiebegriff kritisierte, setzten sich Marx und Engels [12] schon im vergangenen Jahrhundert und Lenin Anfang unseres Jahrhunderts mit ihm auseinander. Lenin hatte bereits darauf hingewiesen, daß es unzulässig ist, die Lehre von der Struktur der Materie mit einer erkenntnistheoretischen Kategorie zu verwechseln. Die Frage nach den neuen Eigenschaften physikalischer Objekte wird durch die Entwicklung der Physik beantwortet. Sie ist nicht mit der Frage nach den Quellen unseres Wissens, nach der Existenz einer objektiven Wahrheit gleichzusetzen. Die Antwort auf letztere Frage ist im Leninschen Materiebegriff enthalten. Materie ist eine philosophische Kategorie zur Bezeichnung der objektiven Realität, das heißt dessen, was außerhalb und unabhängig von unserem Bewußtsein existiert und von ihm widergespiegelt werden kann. Quelle unseres Wissens ist die objektive Realität, und die Anerkennung der Existenz objektiver Wahrheiten ist mit der Feststellung gleichzusetzen, daß es einen Inhalt unserer Aussagen und Vorstellungen gibt, der außerhalb und unabhängig vom Bewußtsein existiert.

Natürlich kannten die Klassiker des Marxismus-Leninismus nicht die Weiterentwicklung der Physik bis in unsere Tage, denn die Kenntnisse über die Struktur der Materie erweitern sich ständig. Wir finden neue Elementarteilchen, untersuchen die Struktur der Elementarteilchen, versuchen elementarere Bausteine zu entdecken. Aber das ist kein prinzipielles erkenntnistheoretisches Problem. Im Leninschen Materiebegriff ist keine Aussage über die Struktur der physikalischen Objekte enthalten. Das ist nicht der Sinn dieses Begriffs. In ihm wird der grundsätzlich materialistische Standpunkt zum Ausdruck gebracht. Der Mensch geht bei seiner Erkenntnis der Welt davon aus, daß etwas außerhalb und unabhängig von seinem Bewußtsein existiert, was er erkennen muß. Seine Erkenntnis ist dann ein mehr oder weniger genaues Abbild dieser objektiven Realität. Dabei beantwortet der Leninsche Materiebegriff aber auch nicht die Frage, wie sich der Erkenntnisprozeß vollzieht. Das ist eine weitere Aufgabe der Philosophie. Wir bestimmen nur unseren grundsätzlichen Standpunkt des Herangehens an die Wirklichkeit. Die Betonung des Primats der Materie gegenüber dem Bewußtsein zwingt auch, bei der physikalischen Forschung nicht der Einbildung und Spekulation zu vertrauen, sondern den gesicherten Ergebnissen der physikalischen Experimente. Der marxistisch-leninistische Materiebegriff ist so weit und allgemein, daß alle gegenwärtigen und zukünftigen physikalischen Erkenntnisse von ihm erfaßt werden. Er wäre nur widerlegt, wenn [13] die Existenz einer absoluten Idee, eines Gottes usw. nachgewiesen werden könnte. Die Physik beschäftigt sich jedoch nicht mit solchen Spekulationen. Sie untersucht in ihren Experimenten die Struktur der objektiven Realität und bestätigt damit die Richtigkeit des materialistischen Standpunktes. Damit haben wir im Leninschen Materiebegriff den gesicherten Ausgangspunkt zur Klärung weiterer Fragen.

In vielen Diskussionen der Physiker geht es aber gar nicht um diesen prinzipiellen materialistischen Standpunkt, also um das Verhältnis von Materie und Bewußtsein, sondern um die im Erkenntnisprozeß vorhandene Einwirkung des Subjekts auf das Objekt. Das kommt sehr deutlich bei der Betrachtung der Rolle des Experiments zum Ausdruck. Bevor ein Experiment durchgeführt wird, versucht man sich Klarheit über die möglichen Ergebnisse zu verschaffen. Man nutzt dazu die bereits vorhandenen Kenntnisse über andere Experimente aus. Ausgangspunkt des Experiments oder der Handlung des Menschen sind seine bereits erworbenen Erkenntnisse, ist eine bereits vorhandene Theorie. Davon ausgehend schafft der

Mensch im Experiment bestimmte Bedingungen für den Ablauf des Vorgangs. Hierfür das Beispiel des Heisenbergschen Gedankenexperiments. Heisenberg diskutiert die Umstände, die auftreten, wenn man mit Hilfe eines Mikroskops den Ort eines Elementarteilchens messen wollte. Der Physiker würde dabei, um eine möglichst genaue Ortsbestimmung des Elementarteilchens unter dem Mikroskop zu erhalten, kurzwelliges Licht benutzen. Er weiß, daß bei kurzwelligem Licht die Beugung unwesentlich ist. Kommt es ihm jedoch auf eine genaue Impulsbestimmung an, dann muß er langwelliges Licht benutzen, um die energetischen Umwandlungen auszuschalten, die den Impuls verändern. Ist das Experiment vollständig vorbereitet, dann erfolgt der objektive Vorgang: die Wechselwirkung zwischen Lichtquant und Elementarteilchen. Dieser objektive Ablauf des Prozesses ist unabhängig vom Experimentator. Der Mensch modifiziert zwar diesen Vorgang, indem er ihn unter bestimmten definierten Bedingungen ablaufen läßt. Die Objektivität des Vorgangs zeigt sich jedoch darin, daß unter denselben Bedingungen stets dieselben wesentlichen Beziehungen auftreten. Eben diese Beziehungen muß der Mensch erkennen. Für die Erkenntnis sind die Meßresultate wesentlich, die der Mensch aus dem Experiment erhält. Auch sie sind nicht unabhängig von den aufgestellten Apparaten. Die Technik der Apparate muß deshalb so verfeinert werden, daß wir brauchbare Resultate [14] erhalten. Auch hier ist der Vorgang nicht völlig unabhängig vom Experimentator. Die Auswertung der Meßresultate führt dann zur theoretischen Deutung, das heißt, die Antwort, die die Natur auf die im Experiment gestellte Frage gab, wird gesucht. So zeigt sich in der Quantenmechanik die in den Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen zum Ausdruck gebrachte Abhängigkeit von Ort und Impuls voneinander.

Hier wird schon die ganze Kompliziertheit des Erkenntnisprozesses deutlich. Man müßte sogar noch die unterschiedliche Natur der Experimente berücksichtigen. Die einen bestätigen eine existierende Theorie, die anderen stellen bestimmte Seiten dieser Theorie in Frage. Solche Unterschiede können jedoch hier vernachlässigt werden. Es geht um das Problem, wie man mit Hilfe von Experimenten zu Aussagen über die objektive Realität kommt. Wenn man vom Ergebnis ausgeht, dann läßt sich feststellen, daß die erfolgte theoretische Deutung eine Widerspiegelung der im Experiment zum Ausdruck kommenden objektiven Beziehungen im Denken ist. Beantworten wir jetzt die Frage nach dem Verhältnis von Materie und Bewußtsein, dann ist für den Materialisten, wie für jeden Wissenschaftler, die theoretische Deutung sekundär gegenüber dem primären objektiven Vorgang. Die Theorie ist abhängig vom objektiven Verlauf im Experiment und nicht der objektive Verlauf abhängig von der Theorie. Diese prinzipielle Frage wird jedoch oft mit der Untersuchung des Erkenntnisprozesses verwechselt. Wenn wir die einzelnen Etappen des Experiments betrachten, dann stellen wir an verschiedenen Stellen eine Abhängigkeit von der Theorie und unserem Bewußtsein überhaupt fest. So sind die Anordnung des Experiments, die Apparatur zur Messung der Resultate und die theoretische Deutung vom Menschen abhängig. Selbst der objektive Vorgang muß unter bestimmten Bedingungen verlaufen. Das Experiment wirkt hier gewissermaßen als ein vom Menschen geschaffener objektiver Analysator bestimmter Prozesse. Objektiv ist dieser Analysator deshalb, weil alle Vorgänge im Experiment objektiv, das heißt unabhängig vom Menschen, sind. Der Mensch baut zwar bewußt die experimentelle Anlage auf, der Vorgang verläuft jedoch unabhängig von ihm – der Mensch stellt die Apparate auf, die Einwirkung auf diese Apparate erfolgt jedoch entsprechend den vom Menschen unabhängigen Gesetzen. Selbst die Anordnung des Experiments geschieht auf der Grundlage bereits vorhandener Widerspiegelungen objektiver Gesetze. Weil unabhängig vom Menschen langwelliges Licht Beu-[15]gungserscheinungen hervorruft, muß der Experimentator kurzwelliges Licht benutzen, wenn er eine genaue Ortsbestimmung eines Elementarteilchens erhalten will.

Einen Fehlschluß begeht man dann, wenn man die bewußten Handlungen des Experimentators mit der erkenntnistheoretischen Kategorie Bewußtsein und das zu erkennende physikali-

sche Objekt mit der Kategorie Materie gleichsetzt. Dann käme man zu einer Abhängigkeit der Materie vom Bewußtsein im erkenntnistheoretischen Sinne, da das Objekt durch die Handlungen verändert wird. Bewußtsein ist jedoch nur die Widerspiegelung der objektiven Realität, das heißt das Ergebnis der theoretischen Auswertung der aus dem Experiment erhaltenen Meßresultate. In diesem Sinne ist das Bewußtsein immer sekundär gegenüber dem widergespiegelten Vorgang. Das bedeutet nicht, daß theoretische Erkenntnisse nicht über bekannte objektive Vorgänge hinausweisen können. Gerade das ist die Aufgabe der Theorie. Ausgehend von der Analyse vorhandener Ergebnisse werden Aussagen über noch nicht entdeckte Beziehungen, Prozesse usw. gemacht. Das war beispielsweise bei der Entdeckung des Neutrinos der Fall. Die Abhängigkeit des Bewußtseins von der objektiven Realität zeigt sich hierbei darin, daß nur aus der Analyse vorliegender Kenntnisse über die objektive Realität theoretische Voraussagen gemacht werden können und diese Aussagen wiederum durch die Aufdeckung der vorausgesagten objektiven Beziehungen bestätigt werden müssen. Dabei liefert uns kein Experiment alle wesentlichen Seiten des physikalischen Vorgangs. Als objektiver Analysator muß jedes Experiment durch andere ergänzt werden. Es erscheint in seinen von Geräten registrierten Ergebnissen ein Moment des Wesens, das theoretisch hervorgehoben und mit anderen Momenten verbunden werden muß. Die Theorie gibt also Synthesen dieser analysierten Wesensmomente.

Wenn man nach dem bisher Gesagten von der Änderung unserer Wirklichkeitsauffassung spricht oder neue Züge der objektiven Realität hervorhebt, dann ist klar, daß es sich nicht um eine Änderung der Leninschen Materiedefinition handeln kann. Auch die Ergebnisse der modernen Physik beziehen sich auf physikalische Objekte, die außerhalb und unabhängig von unserem Bewußtsein existieren und von ihm widergespiegelt werden. Das ist aber nur die eine Seite. Solange man nur sie hervorhebt, kann der Physiker wenig mit den allgemeinen philosophischen Begriffen anfangen. Der Materiebegriff bleibt solange leer, solange er nicht mit den [16] Erkenntnissen einer ganz bestimmten Epoche verbunden wird. Deshalb besteht die andere Seite philosophischer Arbeit in der Analyse des neuen Materials, das die moderne Physik liefert, und seiner Verallgemeinerung, wobei die Philosophie weiterentwickelt wird, indem sie ihre Kategorien und Begriffe präzisiert und neue Seiten der Philosophie ausarbeitet. Im Zusammenhang mit der Diskussion über die objektive Realität hat die moderne Physik bei ihren Strukturuntersuchungen auch philosophisch interessante Momente gezeigt. Dazu gehört vor allem die Existenz von sich widersprechenden Wellen- und Korpuskeleigenschaften an einheitlichen physikalischen Objekten. Die Realitätsauffassung des modernen Physikers muß diese Eigenheit widersprüchlicher Eigenschaften berücksichtigen, woraus sich das Problem seiner theoretischen Deutung ergibt.

Die moderne Physik hat auch nachgewiesen, daß physikalische Erscheinungen nicht auf qualitativ gleichen Bausteinen basieren. Die bisherige Kenntnis von über 30 Elementarteilchen – mit den Resonanzen, den sogenannten Quasiteilchen, sind es bereits über 200 Elementarteilchen – zeigt eine qualitative Vielfalt physikalischer Objekte. Selbst die mögliche Rückführbarkeit dieser Objekte auf eine sogenannte Urmaterie hebt diese qualitative Vielfalt nicht auf, denn „Urmaterie“ würde nur bedeuten, daß es noch elementarere Bausteine der Welt gibt. Finden wir sie, könnten wir aber keineswegs die Behauptung aufstellen, dann letzte Bausteine der Welt gefunden zu haben. Jede physikalische Materie wird immer so unerschöpflich sein, wie es Lenin vom Elektron voraussagte.

Weitere Momente der neuen Realitätsauffassung der Physiker sind die dialektische Einheit von Wesen und Erscheinung, die objektive Wechselwirkung der Elementarobjekte mit ihrer Umgebung und die innere Wechselwirkung. Dabei zeigte sich die Relativität unserer Kenntnisse über die objektive Realität. Diese Relativität ist jedoch keine Grundlage zur Leugnung der objektiven Realität. Sie bringt die Kompliziertheit unseres Erkenntnisprozesses zum Aus-

druck, der uns ständig neue Kenntnisse über die objektive Realität liefert, ohne je vollständig zu sein. Damit ist auch die moderne Physik eine Stütze des Materialismus. Sie zeigte, daß das vereinfachte Weltbild des mechanischen Materialismus nicht zur Deutung der modernen Kenntnisse ausreicht. Der dialektische Materialismus berücksichtigt jedoch sowohl die unendliche Vielfalt objektiver Beziehungen als auch die Dialektik des Erkenntnisprozesses.

[17] Eines der wesentlichen philosophischen Ergebnisse der modernen Physik besteht in der Widerlegung der Substanzauffassung. Würde eine Substanz tatsächlich existieren, dann müßte jede Eigenschaft, die wir in der Physik finden, einer Substanz entweder zukommen oder nicht zukommen. Nun macht der Physiker Mittelstaedt aber gerade darauf aufmerksam, daß wir in der Quantentheorie nicht alle Eigenschaften auf eine Substanz beziehen können. Das hängt mit den Eigenschaften der Quantenobjekte selbst zusammen. Auf Grund der Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelation ist es nicht möglich, die Meßresultate als Akzidenzien einer Substanz zu interpretieren. Mittelstaedt schreibt dazu: „Darüber hinaus ist es aber nicht einmal hypothetisch möglich, alle Eigenschaften, auch wenn man sie gar nicht experimentell bestimmen will, auf ein Objekt zu beziehen, da man sonst zu logischen und wahrscheinlichkeitstheoretischen Widersprüchen geführt wird. In bezug auf die Gesamtheit aller meßbaren Eigenschaften ist infolgedessen der klassische Begriff der Substanz und entsprechend der Begriff des Dinges nicht mehr anwendbar. Die physikalischen Systeme sind, wenn man sie als Träger aller Eigenschaften auffassen will, wegen der Nichtobjektivierbarkeit dieser Eigenschaften nur als uneigentliche Gegenstände zu betrachten.“⁷ Die objektive Dialektik im physikalischen Geschehen widerspricht dem Gedanken von der Notwendigkeit eines Trägers der Eigenschaften. Wenn solche Träger existieren, dann darf es keine Eigenschaften geben, die ohne Träger sind. Diesen Gedanken der trägerlosen Eigenschaften hatte Einstein in seiner Feldphysik entwickelt. Der Mißerfolg seiner Versuche brachte jedoch die Physik nicht zur Anerkennung der Substanz zurück, sondern es wurde die Einheit von Teilchen und Feld weiter erforscht. Das Teilchen selbst ist eine Gesamtheit von Eigenschaften anderer Teilchen. Es gibt keine starre Grenze zwischen Feld und Teilchen. So wird das Proton im Atomkern als von einer Wolke virtueller Teilchen umgeben angesehen, die die Beziehung mit dem Neutron vermitteln können. Man kann nun die Kernkräfte als die durch Pionen vermittelte Wechselwirkung zwischen Protonen und Neutronen betrachten oder das Nukleon als ein Teilchen, dessen zwei Erscheinungsformen Proton und Neutron sind. In diesen verschiedenen Vorstellungen hat der Substanzgedanke deshalb keinen Platz, weil mit ihm die dialektische Beziehung zwischen Teilchen und Feld nicht erklärt werden kann. Wenn die Eigenschaften erst den Träger konstituieren, diese Eigenschaften aber auch anderen Teilchen zukommen oder von [18] ihnen ausgehen, dann wird die relative Individualität deutlich und ihre Wechselwirkung als Grundlage ihrer Existenz anerkannt. Damit wird aber gerade der Gedanke irgendeines Trägers völlig aufgegeben.

Die philosophische Analyse der bisherigen Erkenntnis der Physik zur Materiestruktur führt zu folgenden Einsichten: Erstens hat in der modernen Physik der Dingbegriff seine dominierende Rolle bei der Kennzeichnung physikalischer Objekte verloren. Die Erkenntnis der Eigenschaften physikalischer Objekte erfolgt durch die Untersuchung der verschiedenen Formen der Wechselwirkung der Elementarobjekte untereinander.

Zweitens gewinnt die dialektische Beziehung zwischen System und Element bei der Untersuchung physikalischer Objekte immer mehr Bedeutung. Das Verhalten der Elementarteilchen wird untersucht, indem bestimmte Wechselwirkungssysteme betrachtet werden, indem die Teilchen als Elemente des Systems aufeinander bezogen werden können. Insofern beschäftigt sich die physikalische Forschung einerseits mit den Systemen und andererseits mit den Elementen als den Objekten.

⁷ P. Mittelstaedt, Philosophische Probleme der modernen Physik, Mannheim 1963, S. 87.

Drittens versucht die moderne Physik die Strukturgrenze des physikalischen Geschehens zu erkennen. Sie betrachtet die in bestimmten Wechselwirkungsformen gültigen Erhaltungssätze, die die möglichen Reaktionsschemata einschränken und damit einen Rahmen für das Verhalten der Elementarteilchen darstellen. Dabei ist die Frage noch nicht beantwortet, ob es auch Gesetze für die Durchbrechung von Erhaltungssätzen gibt. Darauf wird in einem der nächsten Abschnitte noch eingegangen.

Viertens wird damit die begriffliche Trennung des materiellen Geschehens von der Raum-Zeit im Elementarteilchenbereich problematisch. Wenn die physikalischen Gesetze die Struktur des Elementarteilchenverhaltens ausdrücken sollen, dann sind auch die raum-zeitlichen Beziehungen Bestandteil dieser Struktur. Das ließe die Möglichkeit einer allgemeinen Raum-Zeit-Theorie, die nicht nur physikalische Prozesse umfaßt, trotzdem zu. Sie müßte die raum-zeitliche Beziehung aus den verschiedensten Bewegungsformen untersuchen. Im Elementarteilchenbereich allein ist die Raum-Zeit jedoch kein ausgezeichnetes Beziehungssystem gegenüber allen anderen Bestandteilen des Beziehungsgefüges im physikalischen Geschehen. Auch auf die Probleme der Raum-Zeit wird noch im nächsten Abschnitt eingegangen.

Fünftens kann für das physikalische Geschehen der Materie-[19]begriff aufgefaßt werden als Gesamtheit aller relativ stabilen, offenen und geschlossenen, objektiv real existierenden, miteinander zusammenhängenden Systeme, die sich durch bestimmte Gesetze voneinander unterscheiden. Die physikalische Theorie muß die Einheit und Veränderung dieser Systeme erfassen.

Im Ergebnis dieser philosophischen Analyse wurde deutlich, wie die anfangs genannten beiden Probleme, vom dialektischen Materialismus ausgehend, analysiert werden können. Die Wandlung unserer Strukturauffassung bedeutet keine Widerlegung des Materialismus. Zwar kann der metaphysische Materialismus den Ergebnissen der modernen Physik nicht gerecht werden, aber die materialistische Grundhaltung, das heißt die Annahme, Quelle unseres Wissens sei etwas außerhalb und unabhängig von unserem Bewußtsein Existierendes, wird durch die moderne Physik bestätigt. Mit der Entwicklung der Physik ändert sich auch unsere Wirklichkeitsauffassung, soweit es die allgemeinen Vorstellungen über die Art und Weise angeht, in der physikalisches Geschehen existiert. Damit müssen viele philosophische Thesen des dialektischen Materialismus überprüft werden. Die materielle Einheit der Welt wird auf neue Weise verstanden. Die marxistische Philosophie muß die Vermittlung zwischen Materie und Bewußtsein untersuchen, um die erkenntnistheoretischen Probleme der modernen Physik behandeln zu können, und sie muß das Experiment als Kriterium der Bestätigung und Widerlegung theoretischer Vorstellungen in die Betrachtung einbeziehen. Die Verteidigung des materialistischen Grundstandpunktes allein reicht nicht aus, um die philosophischen Probleme der modernen Physik auf der Grundlage der materialistischen Philosophie lösen zu können. Das ist die Voraussetzung für die weitere philosophische Analyse solcher Probleme, wie des Verhältnisses von Elementarteilchentheorie und materieller Einheit der Welt, von Abstraktion und Anschaulichkeit usw. Bei der Erforschung dieser Probleme muß sich die Tragfähigkeit der marxistischen Philosophie als philosophischer Grundlage der modernen physikalischen Forschungsarbeit erweisen. [20]

Raum-Zeit und Relativitätstheorie⁸

In der Entwicklung des philosophischen Denkens, im Streit der philosophischen Meinungen spielt die Problematik von Raum und Zeit von jeher eine wichtige Rolle. In ihr fanden in der

⁸ Dieser Abschnitt entstand auf der Grundlage eines Manuskripts von Dr. A. Griese und Dr. R. Wahsner. Zum Verständnis der mit der Relativitätstheorie verbundenen Raum-Zeit-Vorstellung ist die Lektüre von Lew Dawidowitsch Landau/ Juri Borissowitsch Rumer: Was ist die Relativitätstheorie? Leipzig 1962. zu empfehlen.

Regel die theoretischen Grundanschauungen eines philosophischen Systems ihren Niederschlag. Sie ist unlösbar mit anderen philosophischen Grundproblemen wie etwa mit dem der Bewegung verbunden.

Die Raum-Zeit-Problematik wurde in der Vergangenheit unter verschiedenen Aspekten diskutiert. Sie umfaßt eine Reihe von Teilfragen, die auf unterschiedlichen Ebenen liegen. Von grundlegender weltanschaulicher Bedeutung ist die Frage, ob Raum und Zeit objektiv real, das heißt außerhalb und unabhängig von unserem Bewußtsein existieren oder ob sie bloße Bewußtseinstatsachen (Anschauungsformen, Begriffe usw.) darstellen. Um diese Frage führten Materialismus und Idealismus – vor allem im 19. Jahrhundert – heftige Auseinandersetzungen.

Lenin drückte die prinzipielle Antwort der marxistischen Philosophie auf diese Frage aus: „Da der Materialismus die Existenz einer objektiven Realität, das heißt einer sich bewegenden Materie, die unabhängig von unserem Bewußtsein existiert, anerkennt, so muß er unvermeidlich auch die objektive Realität von Zeit und Raum anerkennen, zum Unterschied vor allem vom Kantianismus, der in dieser Frage auf dem idealistischen Standpunkt steht und Zeit und Raum nicht für eine objektive Realität, sondern für Formen der menschlichen Anschauung hält.“⁹ Lenins Bemerkungen betreffen den materialistischen Standpunkt zu den jahrhundertlang währenden Raum-Zeit-Diskussionen, der in der Anerkennung der objektiv-realen Existenz der Raum-Zeit besteht. Damit ist in keiner Weise bereits die Frage beantwortet, ob der Materialismus und speziell auch der dialektische Materialismus einer bestimmten Raum-Zeit-Theorie den Vorzug gibt. Mit der materialistischen Auffassung sind alle physikalischen Raum-Zeit-Konzeptionen vereinbar, die Raum und Zeit als außerhalb und unabhängig von unserem Bewußtsein existierend annehmen. Dabei verstehen wir unter Bewußtsein nur die in Begriffen, Aussagen, Theorien usw. formulierten Ergebnisse des menschlichen Widerspiegelungsprozesses. Es wird also auch bei der Raum-Zeit-Diskussion das Primat der Raum-Zeit gegenüber der Raum-Zeit-Theorie in dem Sinne behauptet, daß die Theorie ihre Rechtfertigung durch den Nachweis der objektiv-realen Existenz der theoretisch behandelten Strukturen erhält.

[21] Diese materialistische Haltung fordert aber direkt die Untersuchung neuer einzelwissenschaftlicher Raum-Zeit-Auffassungen. Darauf verwies auch Lenin: „Die menschlichen Vorstellungen von Raum und Zeit sind relativ, doch setzt sich aus diesen relativen Vorstellungen die absolute Wahrheit zusammen, diese relativen Vorstellungen bewegen sich in ihrer Entwicklung in der Richtung der absoluten Wahrheit, nähern sich dieser. Die Veränderlichkeit der menschlichen Vorstellung von Raum und Zeit widerlegt die objektive Realität dieser beiden ebensowenig, wie die Veränderlichkeit der wissenschaftlichen Kenntnisse von der Struktur und den Formen der Bewegung der Materie die objektive Realität der Außenwelt widerlegt.“¹⁰

Aus Lenins Worten ergeben sich für den marxistischen Philosophen zwei Aufgaben, die auch heute immer wieder neu gelöst werden müssen: Erstens widerlegt die Änderung unserer Raum-Zeit-Auffassungen nicht den materialistischen Standpunkt, wie Lenin betont. Deshalb muß bei allen neuen einzelwissenschaftlichen Einsichten in die Raum-Zeit-Struktur, die nicht nur durch die Physik allein geliefert werden, die Vereinbarkeit mit dem materialistischen Standpunkt nachgewiesen werden. Das erfordert die Auseinandersetzung mit idealistischen Deutungen einzelwissenschaftlicher Erkenntnisse. Diese Aufgabe erfüllte beispielsweise Engels in der Auseinandersetzung mit Dühring in seinem Buch „Herrn Eugen Dührings Umwälzung der Wissenschaft“, das als Folge von Artikeln 1877 erschien. Engels kritisierte Dühring, der ein Sein außerhalb der Zeit annahm und die Begriffe Raum und Zeit für die wirklichen Raum-Zeit-Verhältnisse nahm. Auch Lenin verteidigte in seinem Werk „Materialismus und Empiriokritizismus“ den materialistischen Grundstandpunkt gegen idealistische Angriffe.

⁹ W. I. Lenin, Materialismus und Empiriokritizismus, Berlin 1952, S. 164 [MEW 14, 171].

¹⁰ Ebenda, S. 165 [Ebenda, 171 f.].

Heute ist die Raum-Zeit-Problematik etwas aus dem Zentrum weltanschaulicher Auseinandersetzungen gerückt. Das hängt einerseits mit der inzwischen klar nachgewiesenen Vereinbarkeit der Relativitätstheorie mit dem Materialismus zusammen. Andererseits machen wir jedoch innerhalb der Physik eine prinzipielle Änderung unserer Raum-Zeit-Vorstellungen durch, die noch nicht abgeschlossen ist. Es besteht die Möglichkeit, daß in bestimmten Bereichen, etwa der Elementarteilchenphysik, die raum-zeitlichen Beziehungen nicht mehr als spezifische Beziehungen neben anderen hervorgehoben werden können. Die philosophischen Konsequenzen der neuen Erkenntnisse können heute nur hypothetisch abgeschätzt werden.

[22] Damit kommen wir auch zur zweiten Aufgabe, die Lenin den marxistischen Philosophen stellte. Jede neue Entdeckung muß philosophisch analysiert werden, um ihren Beitrag zu einer philosophischen Raum-Zeit-Theorie herauszufinden und die philosophischen Kategorien mit Hilfe des einzelwissenschaftlichen Materials zu präzisieren. Jede neue Raum-Zeit-Theorie hilft uns beim tieferen Verständnis der materiellen Prozesse. Auch die materialistische Raum-Zeit-Auffassung mußte mit der Entwicklung der Physik ständig neu überprüft werden. In der griechischen Philosophie war sie mit der Annahme verbunden, daß neben den Atomen, das heißt undurchdringlichen unteilbaren Teilchen, der leere Raum existiert. Diese Hypothese war notwendig, um die Bewegung zu erklären. Da die Atome undurchdringlich sind, können sie sich nur bewegen, wenn sie nicht dicht nebeneinander angeordnet sind, sondern Raum zur Bewegung haben. Über diesen leeren Raum oder das Vakuum gibt es viele Diskussionen, die im 17. Jahrhundert Otto von Guericke veranlaßten, den berühmten Versuch mit den „Magdeburger Halbkugeln“ anzustellen, um die Bedeutung des Vakuums zu demonstrieren. Materialistisch waren auch die Auffassungen Newtons und seiner Anhänger, die einen Raum annahmen, der unabhängig von den materiellen Prozessen existiert und gewissermaßen den Behälter darstellt, in dem sich die Prozesse vollziehen. Diese Vorstellung stimmt mit unseren täglichen Anschauungen überein, bei denen wir den Raum als das betrachten, was die materiellen Prozesse äußerlich begrenzt. So ist das Zimmer der Raum, in dem wir uns bewegen, das Reagenzglas der Raum, in dem sich die chemische Reaktion abspielt, und unsere Galaxis der Raum, in dem sich Planetenbewegungen vollziehen. Sicher ist das Alltagsdenken schon differenzierter. Es unterscheidet auch räumliche Entfernungen und Längen materieller Objekte usw. Die Frage, die die Physik beantworten mußte, war: Wie kann man materielle Prozesse räumlich und zeitlich lokalisieren? In der klassischen Mechanik, die sich mit der Ortsveränderung materieller Objekte befaßte, wurde diese Frage durch die Angabe dreier Raumkoordinaten und einer Zeitkoordinate beantwortet, die das Objekt in einem bestimmten Koordinatensystem einnahm. Beispielsweise konnte die Erde als Koordinatensystem genommen werden. Da die Zeit sich beim Übergang zu einem anderen Koordinatensystem nach der klassischen Auffassung nicht änderte, konnte ihre Angabe auch weggelassen werden.

Gegenüber der klassischen Auffassung trat nun die Relativitäts-[23]theorie mit revolutionierenden Raum-Zeit-Vorstellungen auf. Ausgehend von der Annahme einer Grenzgeschwindigkeit, wurde die Raum-Zeit als abhängig von den materiellen Prozessen erkannt. Wurde vorher die Geometrie als die Lehre von den raum-zeitlichen Beziehungen nur zur Darstellung der Ortsveränderung benutzt, so ergab sich jetzt eine Abhängigkeit der Bewegungsgleichungen von den Feldgleichungen, das heißt der raum-zeitlichen Veränderung von der Masseverteilung. Ins Bewußtsein breiter Bevölkerungsschichten gelangte vor allem die Vorstellung von der sich verkürzenden Länge eines Stabes, der sich mit annähernder Lichtgeschwindigkeit bewegt, und von der sich verändernden Zeitdauer. Daran sind viele Spekulationen geknüpft worden, mit denen wir uns nicht weiter befassen wollen. Die wesentliche philosophische Frage, die durch die Physik neu beantwortet wurde, war: Was bestimmt die Bedingungen für die Bewegung materieller Objekte? Die klassische Raum-Zeit-Auffassung schränkte die möglichen Bewegungen nicht ein, während die Relativitätstheorie durch ihr tieferes Ein-

dringen in die objektiven raum-zeitlichen Beziehungen zeigte, daß nur solche Bewegungen möglich sind, die die Grenzgesewindigkeit nicht überschreiten. Betrachten wir als Kausalstruktur die möglichen Ursache-Wirkungs-Relationen, die die moderne Raum-Zeit-Auffassung gestattet, dann ergibt sich ein neues Verhältnis zwischen Kausalstruktur und Raum-Zeit-Struktur. Damit treten neue philosophische Fragen in den Mittelpunkt des Interesses. Es kann heute nicht mehr nur um die oben skizzierten allgemeinen weltanschaulichen Fragen gehen, sondern auch um die Analyse der durch die Änderung unserer Raum-Zeit-Vorstellungen notwendigen Veränderung der Auffassung von der Materiestruktur. Hierzu gehören neben dem Verhältnis von Kausalstruktur und Raum-Zeit-Struktur auch die philosophischen Aspekte der Einheit von Physik und Geometrie.

Historisch läßt sich eine Wandlung in den Diskussionen zur philosophischen Raum-Zeit-Problematik feststellen. In den verschiedenen Etappen traten jeweils verschiedene Teilfragen in den Vordergrund. Dieser Wandlungsprozeß vollzog sich im Zusammenhang mit der Entwicklung der Physik. In Philosophie *und* Physik sind die Begriffe Raum und Zeit von grundlegender Bedeutung. Die Raum-Zeit-Problematik umfaßt philosophische *und* physikalische Fragestellungen. Seit dem 19. Jahrhundert wurden bei der Behandlung der Raum-Zeit-Problematik sowohl in philosophischer als auch in physikalischer Hinsicht wesentliche Fortschritte erzielt. Entscheidende Impulse und Anregungen für die Entwicklung des phi-[24]losophischen Denkens gingen von den neuartigen Fragestellungen und Erkenntnissen der Physik aus. Von besonderer Bedeutung sind in diesem Zusammenhang die Relativitätstheorie sowie aus ihr hervorgehende neue Entwicklungsrichtungen wie die Geometrodynamik und die Quantentheorie des Gravitationsfeldes.

Die Geschichte der philosophischen Raum-Zeit-Problematik läßt sich bis in die Antike verfolgen. Für die griechischen Atomisten ist charakteristisch, daß sie die Eigenschaften des Raumes im Zusammenhang mit der Struktur und Bewegung von Körpern zu erfassen versuchten. Die Annahme einer diskontinuierlichen Struktur der Materie – sie ist wesentlicher Inhalt der Atomistik – schließt die Existenz des leeren Raumes als Voraussetzung ein. Die Atome und das Leere sind polare Kategorien von grundlegender Bedeutung. Die Existenz des leeren Raumes ist Voraussetzung für die Bewegung der Atome. Gegensätzliche Auffassungen wurden von Aristoteles entwickelt. Er vertrat den Gedanken einer unendlichen Teilbarkeit oder einer kontinuierlichen Struktur der Materie und leugnete die Existenz des leeren Raumes.

In die mit der klassischen Mechanik verbundene philosophische Raum-Zeit-Konzeption gehen Grundgedanken der atomistischen Lehre ein. Das sogenannte Prinzip der Fernwirkung, nach dem die Einwirkung zwischen räumlich voneinander entfernten physikalischen Körpern ohne Vermittlung durch materielle Prozesse erfolgt, gründete sich auf die Annahme einer diskontinuierlichen Struktur der Materie (im physikalischen Sinne) und die hiermit verbundene Annahme der Existenz des leeren Raumes. Im Hinblick auf die Bewegung bezeichnete man Raum und Zeit als absolut. Bekannt sind vor allem Newtons Äußerungen über die Absolutheit von Raum und Zeit. Eine interessante Charakterisierung des Begriffes *absolut* gab Albert Einstein und hob zwei Aspekte dieses Begriffes hervor. Er beinhaltet erstens „physikalisch real“ und zweitens „in den physikalischen Eigenschaften selbständig, physikalisch bedingend, aber selbst nicht bedingt“.¹¹ Der zweite Aspekt bedeutet für den Raum – wie Einstein bemerkt –, daß dieser eine absolute Rolle in der Struktur der Welt spielt. Hier ist nach Einstein ein entscheidender Anhaltspunkt für die Kritik der alten Raum-Zeit-Konzeption gegeben.

In der Einsteinschen Charakterisierung werden zwei unterschiedliche Ebenen der Raum-Zeit-Problematik deutlich. Der Begriff der *physikalischen Realität* steht dem Begriff der Materiali-

¹¹ A. Einstein, Grundzüge der Relativitätstheorie, Braunschweig 1956, S. 36.

tät nahe, ist ein Begriff gleicher Ordnung. Der zweite Aspekt – in den *physika-[25]lischen Eigenschaften selbständig* – bezieht sich auf die Bewegung physikalischer Objekte. Es wird die Unabhängigkeit der Raum-Zeit vom Bewegungsprozeß behauptet. In der klassischen Raum-Zeit-Konzeption sind die beiden Aspekte in undifferenzierter Form enthalten. Es ergibt sich eine Parallele zum Inhalt des vormarxistischen Materiebegriffs. Dieser wurde durch philosophische und physikalische Bestimmungen definiert. Die Überzeugung von der bewußtseinsunabhängigen Existenz der physikalischen Objekte verband man mit einer Verabsolutierung ihrer durch die klassische Physik erforschten Eigenschaften. In dieser Vermischung von philosophischer und physikalischer Problematik liegt die Beschränktheit des charakterisierten Materiebegriffs. Aus der Definition des philosophischen Materiebegriffs durch bestimmte physikalische Eigenschaften ergibt sich für die Raum-Zeit-Problematik, daß Raum und Zeit als selbständige Wesenheiten der Materie entgegengesetzt werden. Die Frage nach dem Verhältnis von Raum-Zeit und Bewegung wurde als Frage nach dem Zusammenhang von Raum, Zeit und Materie diskutiert.

Es wird häufig die Frage gestellt, warum die Newtonsche Raum-Zeit-Konzeption gegenüber der anderen Richtung – zu jener Zeit hauptsächlich von Leibniz mit dem Gedanken vertreten, daß Raum und Zeit Ordnungsbeziehungen darstellen – für lange Zeit eine dominierende Stellung einnahm. Zur Beantwortung dieser Frage ist der Zusammenhang von physikalischer Raum-Zeit-Konzeption und dem physikalischen Inhalt der klassischen Mechanik zu untersuchen. Beim jetzigen Stand der Diskussion lassen sich zwei Punkte hervorheben:

Die philosophische Konzeption des absoluten Raumes äußerte sich in der Mechanik in der Annahme, daß es ein absolut ruhendes Koordinatensystem gäbe, in bezug auf das man absolute Bewegung und absolute Ruhe voneinander unterscheiden könne. Allerdings war auf Grund des Galileischen Relativitätsprinzips ein solches Koordinatensystem mit den Mitteln der Mechanik nicht nachweisbar. Es handelt sich also um eine Voraussetzung, nicht um eine Folgerung aus den Grundlagen der Mechanik. In die Formulierung der physikalischen Gesetze geht diese Voraussetzung nicht ein. Die vergeblichen Bemühungen, ihre Berechtigung im Zusammenhang mit elektromagnetischen Erscheinungen nachzuweisen, wurden bekanntlich zu einem wesentlichen Ausgangspunkt der speziellen Relativitätstheorie.

Einen unmittelbaren physikalischen Ausdruck der philosophi-[26]schen Konzeption sah Einstein in der Bevorzugung von Inertialsystemen in der klassischen Mechanik, die darin zum Ausdruck kommt, daß in ihnen die physikalischen Gesetze eine besonders einfache Form annehmen. In diesem Sinne betrachtete er die philosophische Konzeption als Bedingung der physikalischen Theorie und erklärte aus diesem Zusammenhang die Vorherrschaft der Newtonschen Ideen, die erst durch die moderne Physik aufgehoben wurde.

Die Diskussion der philosophischen Raum-Zeit-Problematik im 19. Jahrhundert ist wesentlich durch die Auseinandersetzung mit dem Kantschen Apriorismus bestimmt. Kant hatte Raum und Zeit als reine Anschauungsformen a priori definiert und in der Absolutheit von Raum und Zeit ein Argument hierfür gesehen. Aus seiner Grundanschauung über Raum und Zeit folgte die Denknöwendigkeit der euklidischen Geometrie. Mit seinen Überlegungen rückte Kant den allgemein-weltanschaulichen Aspekt der Raum-Zeit-Problematik in den Mittelpunkt der Betrachtung. Für die Widerlegung des Kantschen Apriorismus war die Einführung widerspruchsfreier, nichteuklidischer Geometrien im 19. Jahrhundert von großer Bedeutung. Es wurde überlegt, ob das Parallelenaxiom den Anspruch rechtfertigt, notwendige Voraussetzung jeder Geometrie zu sein. Nach ihm sollte man durch einen Punkt außerhalb einer Geraden nur eine Parallele zu einer Geraden ziehen können. Das ist gleichbedeutend mit der Feststellung, daß die Winkelsumme im Dreieck 180° beträgt. In den Arbeiten von Gauß, Lobatschewski, Riemann und anderen wurde nun nachgewiesen, daß Geometrien ohne dieses Axiom denkbar

sind. Vorstellbar ist beispielsweise die Geometrie einer Kugeloberfläche, die mit der euklidischen Geometrie der zweidimensionalen Fläche zu vergleichen wäre. Die Winkelsumme im Dreieck auf der Kugeloberfläche ist größer als 180° . Es sind auch andere Geometrien möglich, bei denen die Winkelsumme im Dreieck kleiner als 180° ist. Vorstellen kann man sich solche Geometrien im Zweidimensionalen beispielsweise in der Form eines Sattels. Kugel und Sattel sind jedoch nur Stützen unseres Verständnisses aus der Anschauung, denn die erwähnten nichteuklidischen Geometrien sind nicht auf das Zweidimensionale beschränkt, sondern in n-Dimensionen widerspruchsfrei durchführbar. Damit fällt jedoch eine der einzelwissenschaftlichen Stützen des Kantschen Apriorismus, obwohl die praktische physikalische Bedeutung dieser Geometrien im 19. Jahrhundert, als sie ausgearbeitet wurden, gar nicht bekannt war. Bereits die Denkmöglichkeit solcher Geometrien widersprach Kants Auffassung, daß die euklidische Geometrie vor [27] jeder Erfahrung als einzig mögliche Geometrie angesehen werden könnte. Dabei leisteten Gauß, Lobatschewski und andere noch etwas weiteres. Sie zeigten nämlich, daß die mathematischen Räume zur Darstellung von Beziehungen nicht unbedingt mit der Anschauung verbunden sein mußten. Das ist der Beginn einer großen Entwicklung der mathematischen Theorie über die abstrakten Räume, die zur Darstellung komplizierter Beziehungen geeignet sind, deren Struktur aber nicht mehr durch die Struktur der anschaulichen räumlichen Beziehungen bestimmt ist, sondern durch die Struktur der darzustellenden Objekte und ihrer Beziehungen überhaupt. Zwar hatte Gauß noch versucht, die Gültigkeit der neuen Geometrie für die Physik auch dadurch zu erweisen, daß er ein Dreieck zwischen Brocken und Inselsberg ausmessen wollte. Er kam jedoch zu keinem befriedigenden Resultat. Die Bedeutung der neuen Geometrien für die Physik mußte also erst noch erkannt werden.

Wie wenig Verständnis selbst hervorragende Denker, die wenig Beziehungen zur Mathematik hatten, der neuen Denkweise entgegenbrachten, zeigt das Beispiel von Tschernyschewski. Für ihn waren die neuen Geometrien nur neue Wortgebilde, die gegenüber der euklidischen Geometrie absolut nichts Neues mit sich brachten. Er bezeichnete sie als das „wilde Hirngespinnst eines Ignoranten“.¹²

Im 19. Jahrhundert stellten also diese Geometrien Denkmöglichkeiten dar. Sie fanden noch keinen Eingang in die Physik. Erst in der allgemeinen Relativitätstheorie wurde nachgewiesen, daß die Riemannsche Geometrie physikalische Bedeutung besitzt. Jedoch war bereits die Angabe von neuartigen Denkmöglichkeiten von großer philosophischer Bedeutung. Auf dieser Basis war es möglich, die These von der Denknötwendigkeit der euklidischen Geometrie zu widerlegen.

Die Einführung nichteuklidischer Geometrien zog eine umfassende Diskussion über die weltanschaulichen Aspekte der philosophischen Raum-Zeit-Problematik nach sich. In dieser Diskussion spielte die Auseinandersetzung mit dem Kantschen Apriorismus eine hervorragende Rolle. Sie wurde in den Reihen der Naturwissenschaftler, vor allem von Gauß, Helmholtz und Einstein, geführt. Einstein sah in der Widerlegung des Kantschen Apriorismus eine philosophische Konsequenz seiner Relativitätstheorie.

Die allgemein-weltanschauliche Frage stand sowohl bei Engels als auch bei Lenin im Mittelpunkt ihrer Betrachtungen zur philosophischen Raum-Zeit-Problematik. Ihr grundsätzlich materialistischer Standpunkt kommt in der These, Raum und Zeit sind Existenzformen der Materie, zum Ausdruck. Diese These beinhaltet die Materialität von Raum und Zeit. Raum und Zeit sind materiell, das heißt, sie existieren objektiv real, außerhalb und unabhängig von unserem Bewußtsein. Sie sind primär gegenüber unseren Vorstellungen, Begriffen und Theorien über Raum und Zeit. Diese tragen Abbildcharakter. In ihrer Entwicklung voll-

¹² N. G. Tschernyschewski, Ausgewählte Philosophische Schriften, Moskau 1953, S. 669.

zieht sich ein Prozeß der Annäherung an die objektive Realität. Diese Betrachtungen besitzen fundamentale Bedeutung für die marxistische philosophische Raum-Zeit-Theorie.

Zu ganz neuartigen Fragestellungen im Hinblick auf die philosophische Raum-Zeit-Problematik führte die Relativitätstheorie. Sie enthält eine neue physikalische Raum-Zeit-Theorie, die ihrem Wesen nach die Überwindung der klassischen physikalischen Vorstellungen darstellt. Aus der neuen physikalischen Raum-Zeit-Theorie ergeben sich neue Gesichtspunkte in der philosophischen Diskussion. Wesentlich ist, daß diese Gesichtspunkte nicht unmittelbar die allgemein-weltanschauliche Problematik betreffen, sondern auf einer anderen Ebene der philosophischen Betrachtung liegen.

Die Vorstellung von der Existenz des leeren Raumes war bereits durch die Faraday-Maxwellsche Theorie des elektromagnetischen Feldes widerlegt worden. Man hatte erkannt, daß die Wirkung zwischen räumlich entfernten physikalischen Körpern durch das Feld vermittelt wird (Prinzip der Nahwirkung) und daß dieses eine selbständige physikalische Realität darstellt, in dem Sinne, daß sie sich nicht auf Teilchen klassischer Art reduzieren läßt. Faraday und Maxwell verbanden die Einführung des Feldbegriffes mit einer heftigen Polemik gegen die Annahme der Existenz des leeren Raumes. Der Gedanke der Absolutheit von Raum und Zeit in bezug auf die Bewegung blieb bis zur Relativitätstheorie erhalten. Erst diese ermöglichte seine schrittweise Überwindung. (Philosophisch konsequent ist dieser Gedanke nur durch den Übergang zu einem Materiebegriff zu überwinden, der keine physikalischen Bestimmungen enthält, sondern eine echt philosophische Kategorie darstellt.)

Dies geschah in der speziellen Relativitätstheorie durch die Erkenntnis, daß und inwiefern die Raum-Zeit-Struktur durch die Kausalstruktur definiert wird. Die Kausalstruktur ergibt die Bedingungen, wann Kausalbeziehungen möglich sind und wann nicht. Da eine Einwirkung eines Ereignisses auf das andere möglich ist, wenn die Ereignisse einen zeitartigen Abstand haben, sind die kausalen und raum-zeitlichen Zusammenhangsverhältnisse dieselben. Dieser Sachverhalt wurde philosophisch zuerst von Reichenbach als [29] Kausaltheorie der Raum-Zeit reflektiert (1928). Kausaltheorie von Raum und Zeit heißt: Die Raum-Zeit-Struktur ist *identisch* mit der Kausalstruktur, die sich aus der Existenz einer Maximalgeschwindigkeit ergibt. Die spezielle Relativitätstheorie kann die Kausalität nur als Kausalstruktur fassen. Sie abstrahiert von dem für den philosophischen Kausalitätsbegriff wesentlichen Aspekt der Vermittlung. Im philosophischen Sinne bedeutet Kausalität das Hervorgehen einer Erscheinung aus anderen und das Hervorbringen anderer Erscheinungen aus einer. Kausalität heißt *Vermittlung* des Zusammenhangs zwischen den Erscheinungen, und zwar nur *daß*, nicht wie vermittelt, hervorgebracht wird. Daher ist es nicht gerechtfertigt, als Konsequenz aus der Relativitätstheorie wie Reichenbach Kausalität Kausalfolge Zeitfolge zu setzen. Das würde bedeuten, die Kausalität mit einem ihrer Aspekte zu identifizieren, das propter hoc [also deswegen] auf das post hoc [danach] zu reduzieren. Der Unterschied von post hoc und propter hoc besteht im Unterschied von Möglichkeit und Wirklichkeit der Kausalrelationen. Diesen Unterschied zu bestimmen ist nicht Gegenstand der Relativitätstheorie. Sie macht nur Aussagen über die Möglichkeit. Hieran knüpft sich aber gerade ein anderer philosophisch interessanter Gedanke, nämlich der, daß es eine Zeit nur gibt, wo Bewegung möglich ist.

In Mögliches und Unmögliches einteilen, Möglichkeiten einschränken heißt, eine Struktur erkennen und durch die betrachteten Beziehungen tiefer erfassen. In der Newtonschen Mechanik gibt es *im Prinzip* keine Einschränkung für die Möglichkeit eines kausalen Zusammenhangs zwischen zwei Ereignissen. Ob ein Ereignis mit einem anderen kausal verbunden sein kann, ist unabhängig von Ort und Zeit dieses Ereignisses. In der relativistischen Mechanik wird durch die Einschränkung der Möglichkeiten von Wirkungszusammenhängen eine zuvor unbekannte Beziehung zwischen Kausalität und Raum-Zeit aufgedeckt und damit der

naturwissenschaftliche Beweis gegen ein Moment der Absolutheit von Raum und Zeit erbracht, insofern zum Beispiel der Raum nicht nur die physikalischen Prozesse beeinflusst, sondern selbst von ihnen bestimmt wird. Letztere etwas unexakte Formulierung bedeutet folgendes: Theoretisch sind verschiedene Geometrien, verschiedene Raumordnungen möglich. Ihre Relativität, Gleichwertigkeit wird eingeschränkt durch die Forderung nach Kausalbeziehungen, die dem Nahwirkungsprinzip entsprechen, dessen Gültigkeit durch die Erkenntnisse der Physik gestützt wird. Da nun das Nahwirkungsprinzip das Fortschreiten der Wirkung von Raumpunkt zu Raumpunkt erfordert [30] und keine Sprünge zuläßt, diese aber auftreten, muß beim Übergang von einer Geometrie in eine andere Unendliches transformiert werden, was eben beim Übergang zu einer anderen Topologie des Raumes der Fall ist. Das Nahwirkungsprinzip bestimmt den Raum in seinen topologischen Eigenschaften, das heißt, metrische Beziehungen bleiben unberücksichtigt. (Während die Metrik in Zahl- und Maßangaben ausdrückbar ist, befaßt sich die Topologie mit den Beziehungen, die unabhängig von der Metrik sind. Beispielsweise ist die „Nachbarschaft“ von Flächen unabhängig von einer Metrik. Die Krümmungen ändern nichts an der Nachbarschaft.) Während also die Metrik nicht festgelegt ist, bestimmt das Nahwirkungsprinzip doch die Topologie des Raumes.

Insofern die Einsteinsche Theorie auf dem Nahwirkungsprinzip beruht, ist in der Gleichsetzung von Kausalität und zeitlicher Aufeinanderfolge in der speziellen Relativitätstheorie die *Vermittlung des Zusammenhanges als Voraussetzung* enthalten. Anderenfalls, bei Gründung auf das Fernwirkungsprinzip, entspräche der Kausalität die Gleichzeitigkeit, dann wäre aber ein exakter Kausalitätsbegriff gar nicht möglich. In die „nur“ extensionale, „nur“ Strukturbetrachtung der relativistischen Raum-Zeit-Theorie geht also eine ganze Kausalitätskonzeption ein.

Das Ereignis ist Element der in der speziellen Relativitätstheorie behandelten Struktur. Im Begriff des Ereignisses liegt schon eine Beziehung zwischen Kausal- und Raum-Zeit-Struktur, insofern das Ereignis als Raum-Zeit-Punkt definiert wird, und beide – Ereignis wie Raum-Zeit-Punkt – sind als Element erst sinnvoll bezüglich der Struktur. Das Ereignis ist etwas, was hervorgebracht wurde und hervorbringt. Zwar wird gerade davon abstrahiert, doch ist das erst möglich, nachdem bestimmte Voraussetzungen in das System, dessen Elemente die Ereignisse darstellen, eingegangen sind. Das Ereignis weist über sich hinaus, ist aber als einzelnes noch keine Kausalbeziehung. Diese ist eine zweistellige Relation, also Beziehung zwischen zwei Ereignissen. Desgleichen liefert ein Raum-Zeit-Punkt für sich noch keine räumliche und zeitliche Bestimmung. Er ist überhaupt erst sinnvoll als Element einer gegebenen Raum-Zeit-Ordnung. Raum und Zeit sind also ebenfalls eine zweistellige Relation, sie sind per definitionem Abstände oder die Folge von Abständen. Aus der Beziehung zwischen Kausal- und Raum-Zeit-Struktur ergibt sich eine genauere Bestimmung des Raum-Zeit-Begriffs. Umgekehrt läßt sich durch die geschilderten Verhältnisse die innere Beziehung zwischen Kausalität und Raum-Zeit tiefer einsehen.

[31] Andererseits gilt es zu beachten: In den Begriffen Kausalstruktur und Raum-Zeit-Struktur sind Kausalität und Raum-Zeit unter demselben Aspekt gefaßt, als topologische Ordnung. Sowohl Kausalität wie auch Raum-Zeit sind jedoch mehr als das, was sie miteinander identisch macht. Hinsichtlich der Kausalität ist das bereits deutlich geworden. Die Raum-Zeit ist gleichfalls nicht identisch mit ihrer topologischen Ordnung. Sie hat neben der topologischen zunächst noch eine metrische Struktur. Vielleicht besitzt sie auch noch andere Strukturen, und das Allgemeine dieses Komplexes von Strukturaspekten stellte dann die Raum-Zeit dar, die selbst wiederum als Struktur gefaßt wird. Spricht man der Raum-Zeit eine ausgezeichnete Stellung gegenüber anderen Strukturen zu, so könnte man die Raum-Zeit als allgemeinste Struktur auffassen. Das hieße, die in diesem Begriff ausgedrückten Beziehungen wären die stabilsten, ihr Charakter aber ist vom Charakter der Prozesse, der Bewegung, abhängig.

Die philosophische Frage nach den Beziehungen zwischen Kausalität und Raum-Zeit ist mit der Identität von Kausalstruktur und Raum-Zeit-Struktur nicht erschöpft. Doch bietet die spezielle Relativitätstheorie allein für eine erweiterte Fragestellung noch keine Basis.

Der philosophische Grundgedanke der speziellen Relativitätstheorie trägt zur Lösung des Problems bei, das global als Einheit von Materie und Raum-Zeit formuliert wird, wenn man ihn darin sieht: Raum und Zeit als Raum-Zeit zu erkennen, was aber nur möglich ist, wenn man eine gemeinsame Basis für sie findet – die Kausalstruktur. Die moderne Physik und die Philosophie müssen dieses Problem differenziert analysieren.

Die Möglichkeit einer weiteren Differenzierung der philosophischen Raum-Zeit-Problematik ergibt sich aus dem in der allgemeinen Relativitätstheorie zentralen Gedanken der Einheit von Physik und Geometrie.

Die Einheit von Physik und Geometrie in der allgemeinen Relativitätstheorie besitzt verschiedene Aspekte: Sie bedeutet einerseits die Verbindung von physikalischen und geometrischen Größen in den Feldgleichungen und andererseits die Interpretation des Gravitationsfeldes als eines seiner Natur nach metrischen Feldes (Identität von Gravitationsfeld und Metrik). Die Verbindung von physikalischen und geometrischen Größen in den Feldgleichungen der Einsteinschen Theorie bedeutet die Schaffung einer im eigentlichen Sinne physikalischen Theorie von Raum und Zeit. Diese Feldglei-[32]chungen stellen eine Äquivalenzbeziehung zwischen dem Materietensor einerseits und dem metrischen Fundamentaltensor und seinen Ableitungen andererseits dar. Der Materietensor ist Ausdruck für die Energiedichte, Impulsdichte und Spannungsdichte aller nichtmetrischen Felder und Körper. Die andere Seite der Feldgleichungen dagegen verkörpert die metrische Struktur der Raum-Zeit.

Der physikalische Grundgedanke der allgemeinen Relativitätstheorie besteht in folgendem: Alle nichtmetrischen Felder und Körper bestimmen die Metrik, indem sie einen Beitrag zum Materietensor liefern. Alle physikalischen Felder werden von der Metrik bestimmt. Dieser Zusammenhang bedeutet, daß die metrische Struktur der Raum-Zeit als veränderlich, als abhängig von bestimmten physikalischen Prozessen, erkannt wird. Eine bestimmte Veränderung der im Materietensor erfaßten physikalischen Größen zieht eine Veränderung der Metrik nach sich. Diese wird nicht mehr wie in der klassischen Mechanik einfach vorausgesetzt, sondern aus physikalischen Ursachen erklärt. Das ist ein weiterer wesentlicher Fortschritt in der Überwindung der Absolutheit von Raum und Zeit. Die metrische Struktur der Raum-Zeit ist nicht nur „physikalisch bedingend“, sondern auch „physikalisch bedingt“.

Mit den Feldgleichungen der allgemeinen Relativitätstheorie wird die Frage nach dem Verhältnis von metrischer Struktur und physikalischem Prozeß für die philosophische Betrachtung wesentlich. Über den Zusammenhang von metrischer Struktur und physikalischem Prozeß wurde bereits gesprochen. Darüber hinaus könnte man auch das Verhältnis von Feld- und Bewegungsgleichungen unter dem allgemeinen Aspekt Struktur und Prozeß betrachten. Ein Fortschritt gegenüber der Faraday-Maxwellschen Theorie besteht in der Ableitbarkeit der Bewegungsgleichungen aus den Feldgleichungen. Deutet man die Feldgleichungen als Ausdruck für Strukturgesetze, so könnte man die gegebene Ableitbarkeit als Ausdruck einer Einheit von Struktur und Prozeß werten. Einstein selbst hat die Ableitbarkeit der Bewegungsgleichungen aus den Feldgleichungen als wesentlichen Fortschritt gewürdigt. Er sah hierin einen Schritt zur Überwindung des in der Physik vorhandenen begrifflichen Dualismus von Teilchen- und Feldbegriff im Sinne der Schaffung einer reinen Feldtheorie.

Einschränkend muß man bemerken, daß in gewisser Hinsicht jedes physikalisch-mathematische Gesetz eine Struktur darstellt. Es handelt sich um Äquivalenzbeziehungen, in denen unmittelbar kein Prozeß zum Ausdruck kommt. Bei einer solchen Betrachtung könnte

[33] man das Verhältnis von Struktur und Prozeß als Verhältnis von wissenschaftlichem Gesetz und Wirklichkeit interpretieren. Dann wäre also mit den Kategorien Struktur und Prozeß eine andere Problematik gemeint.

Die philosophische Diskussion der Raum-Zeit-Problematik unter dem Aspekt des Verhältnisses von Struktur und Prozeß ist von besonderer Bedeutung im Zusammenhang mit neuen physikalischen Entwicklungsrichtungen. Dazu gehört die Geometrodynamik, die auf Einstein, Rainich und Rosen zurückgeht und in ihrer modernen Gestalt in den 50er Jahren begründet wurde (Wheeler, Misner, Lanczos, Hlavaty). Grundgedanken des Programms der Geometrodynamik wurden von Wheeler in seinem Festvortrag auf dem Einstein-Symposium 1965 dargelegt. Als grundlegende Arbeitshypothese bezeichnete Wheeler die Annahme, daß die Materie ein „Erregungszustand einer dynamischen Geometrie“ ist. Hauptziel der Bemühungen von Wheeler und anderen ist es, eine rein geometrische Theorie der physikalischen Prozesse zu schaffen, eine Theorie also, die es nur mit Geometrie und ihrer zeitlichen Veränderung zu tun hat. Dieser Zielsetzung liegt folgende Konzeption zugrunde: „Es gibt nichts in der Welt außer dem leeren gekrümmten Raum. Materie, Ladung, Elektromagnetismus und andere Felder sind nur Manifestation der Krümmung des Raumes. *Physik ist Geometrie.*“¹³

Dieses Programm beinhaltet die Schaffung einer einheitlichen Feldtheorie, die nach Einsteins Vorstellung eine einheitliche Theorie des physikalischen Gesamtfeldes sein sollte. Einstein gedachte diese Theorie als eine reine Feldtheorie zu entwickeln; er hoffte, mit den Feldgleichungen sowohl das Feld als auch seine Quellen zu erfassen. Sie sollte darüber hinaus den Charakter einer rein geometrischen Theorie tragen. Hierin liegt eine wesentliche Gemeinsamkeit mit den modernen geometrodynamischen Vorstellungen, zu deren Begründung sich Wheeler und andere gerade auf Einstein berufen. Einstein versuchte sein Programm durch mathematische Verallgemeinerung der allgemeinen Relativitätstheorie zu realisieren. Er suchte nach neuartigen geometrischen Strukturen, die dem physikalischen Gesamtfeld zugeordnet werden sollten. Im Unterschied hierzu erfolgt im Rahmen der Geometrodynamik kein Übergang zu einer neuen Geometrie, sondern die Raum-Zeit-Mannigfaltigkeit wird als ein spezieller Fall der Riemannschen Geometrie beschrieben (Einstein-Rainich-Räume). Es ist bekannt, daß Einsteins fast vierzigjährige Bemühungen keine Erfolge in physikalisch-[34]mathematischer Hinsicht erbrachten. Im Zusammenhang mit den neueren Bestrebungen in der Physik gewinnen jedoch die hiermit verbundenen allgemeinen Überlegungen wachsende Bedeutung.

Da sich Vertreter der Geometrodynamik zur Begründung ihrer Forderung u. a. auf Einstein berufen, ist es aufschlußreich, den Ausgangspunkt der entsprechenden Einsteinschen Ideen zu betrachten. Dieser liegt in einer Kritik der allgemeinen Relativitätstheorie. Sie bezieht sich darauf, daß in den Gleichungen physikalische und geometrische Größen als gesonderte Größen erhalten bleiben. In diesem Sinne handelt es sich um keine rein geometrische Theorie. Einstein bezeichnete die rechte Seite seiner Feldgleichungen als eine „formale Zusammenfassung aller Dinge, deren Erfassung im Sinne einer Feldtheorie noch problematisch ist.“¹⁴ Im gleichen Zusammenhang sprach Infeld von einer „künstlichen Mischung“ physikalischer und geometrischer Größen. Er sah gleich Einstein hierin einen der schwachen Punkte der allgemeinen Relativitätstheorie. Unter einer rein geometrischen Theorie verstand Einstein eine solche, die ausschließlich mit geometrischen Größen arbeitet. Positiver Ansatzpunkt für die über die Relativitätstheorie hinausgehende Zielsetzung war für ihn die in seiner Gravitationstheorie enthaltene Gleichsetzung von metrischem Feld und Gravitationsfeld. In seiner einheitlichen Feldtheorie hoffte er, jene raum-zeitlichen Strukturen zu finden, die das physikalische Gesamtfeld darstellen. Den Gedanken der Einheit von Physik und Geometrie führte Einstein auf Riemann zurück.

¹³ Wheeler, Misner, *Annals of Physics* 1957, S. 526.

¹⁴ A. Einstein, *Autobiographisches*. In: *Albert Einstein als Philosoph und Naturforscher*, Stuttgart 1949, S. 28.

Eine rein geometrische Theorie würde bedeuten, daß physikalische Prozesse unmittelbar als Raum-Zeit-Struktur gefaßt werden. Das wäre ein neuer Gesichtspunkt in bezug auf die Einheit von Struktur und Prozeß. In der modernen Geometrodynamik wird die Raum-Zeit im Hinblick auf ihre metrische und topologische Struktur untersucht. Ein wesentlich neuer Aspekt liegt in der Idee der Quantelung der Raum-Zeit.

Die der Geometrodynamik zugrunde liegenden programmatischen Ideen zeigen mit aller Deutlichkeit, daß die Diskussionen zur physikalischen Raum-Zeit-Problematik in eine neue Etappe eingetreten sind. Hieraus ergeben sich Konsequenzen für die philosophische Raum-Zeit-Problematik. Im Mittelpunkt der Diskussion steht heute nicht mehr der allgemeinweltanschauliche Aspekt des Raum-Zeit-Problems, wie es im vergangenen Jahrhundert der Fall war. Von entscheidender Bedeutung im Hinblick auf das Raum-Zeit-Problem sind offenbar solche Teilaspekte wie Struktur-Prozeß, [35] Kausalstruktur – Raum-Zeit-Struktur, Element-Struktur-System. Die Analyse dieser Teilaspekte ist Grundlage der philosophischen Raum-Zeit-Theorie, ohne daß sich heute schon absehen läßt, welche dieser Relationen sich als besonders tragfähig erweisen. Man muß die echte Neuartigkeit dieser Probleme immer wieder betonen, denn das bedeutet, daß wir zu ihrer Ausarbeitung neue philosophische Kategorien benötigen. Eine Gegenüberstellung von Materie und Raum-Zeit erweist sich in diesem Zusammenhang als unzureichend. Hier taucht erneut die Frage nach der Interpretation der Engelsschen These über Raum und Zeit als Existenzformen der Materie auf. Häufig wird davon gesprochen, daß die Engelssche These eine Aussage über die *Einheit* von Materie, Raum und Zeit sei. Weit verbreitet ist die Auffassung, daß Einheit hier im Sinne einer Inhalt-Form-Dialektik zu deuten sei. Die Inhalt-Form-Dialektik wurde dabei in der Vergangenheit vielfach einseitig betrachtet. Raum und Zeit sind Existenzformen der Materie heißt nichts anderes als: Raum und Zeit sind materiell. Einen anderen Inhalt besitzt diese allgemeine philosophische These nicht. Der Versuch, andere Aspekte in sie hineinzuinterpretieren, führt zu einer Vermischung unterschiedlicher Ebenen der philosophischen Betrachtung.

Allerdings hat historisch gesehen die Engelssche These in den Auseinandersetzungen mit den klassischen Raum-Zeit-Vorstellungen eine Rolle gespielt. Sie wurde aufgefaßt als Antithese zu diesen klassischen Vorstellungen. Es war bereits erörtert worden, daß im vormarxistischen Materialismus die Frage nach dem Zusammenhang von Raum-Zeit und Bewegung als Frage nach dem Verhältnis von Raum, Zeit und Materie diskutiert wurde. Dies hing eng mit den damaligen Vorstellungen über Materie als philosophische Kategorie zusammen. Gemäß dieser Fragestellung (in der Sprache des alten Materialismus) bestand das Wesen der klassischen Raum-Zeit-Konzeption in der Trennung des Raumes und der Zeit von der Materie. Ein erster Schritt zur Überwindung dieser klassischen Konzeption war die Betonung der Einheit von Materie, Raum und Zeit. Die neuartige philosophische Raum-Zeit-Theorie wurde zunächst als neuartige Beantwortung einer alten Fragestellung entwickelt. Im Zusammenhang mit der weiteren Entwicklung der Physik ergab sich jedoch die Notwendigkeit, die Fragestellung selbst neuartig zu formulieren. Hierbei ist die Unterscheidung verschiedener Ebenen der philosophischen Betrachtung bedeutsam.

Wir befassen uns bei der weltanschaulichen Auseinandersetzung mit dem Idealismus vor allem mit der Begründung des materialisti-[36]schen Standpunkts. Angewandt auf die Raum-Zeit-Theorie, bedeutet das die Anerkennung der Raum-Zeit-Strukturen als außerhalb und unabhängig von unserem Bewußtsein existierend. Damit ist jedoch noch keine philosophische Analyse der mit den neuen physikalischen Raum-Zeit-Theorien verbundenen Struktur-auffassungen gegeben. Das Verhältnis von Kausalität und Raum-Zeit, von Physik und Geometrie usw. muß auch philosophisch analysiert werden. Dabei sind in der jetzigen Etappe der Entwicklung unserer Vorstellungen zu Raum und Zeit viele der vorgetragenen Auffassungen noch hypothetisch, da sie auf einzelwissenschaftlichen Hypothesen beruhen. Verschiedene

philosophische Hypothesen können nebeneinander existieren, ohne die weltanschauliche Auseinandersetzung direkt zu berühren.

Das wird besonders deutlich, wenn man den Streit betrachtet, der um die Modelle des Weltalls im Zusammenhang mit der These von der Unendlichkeit der Materie geführt wurde. Dabei ergab sich folgende Situation: Einerseits wurden gewisse Modellvorstellungen der Kosmologie als Widerlegung der philosophischen Unendlichkeitslehre angesehen (es wurde in diesem Zusammenhang vor allem das Einsteinsche Modell einer räumlich endlichen Welt von 1917 ins Feld geführt), andererseits gelang es in der marxistischen Literatur noch nicht überzeugend, eine dialektisch-materialistische Interpretation der modernen Kosmologie zu geben.

In der letzten Zeit fanden auch in der DDR diese Diskussionen eine gewisse Belebung. Grundlegende Bedeutung erlangte die Frage: Ist das Problem der Unendlichkeit der materiellen Welt philosophischer oder einzelwissenschaftlicher Natur? Was heißt Unendlichkeit der materiellen Welt? Hiermit eng verbunden ist die Frage nach dem Verhältnis von marxistischer Philosophie und Kosmologie überhaupt, wobei vor allem zu erläutern ist, welche Besonderheiten es in diesem Verhältnis gibt. Man gewinnt den Eindruck, als ob sich in den heute noch auftretenden Unklarheiten eine noch nicht hinreichende Differenzierung beider Bereiche und der in ihnen verwendeten Begriffe ausdrückt. Es taucht die Frage auf, ob es – da beide Wissenschaften ihren Blick auf große Zusammenhänge richten – einen besonders engen Zusammenhang zwischen Kosmologie und Philosophie gibt. In der Geschichte des menschlichen Lebens läßt sich dieser Zusammenhang sicherlich nachweisen. Wird er auch bei einer stärkeren Differenzierung der philosophischen und kosmologischen Begriffe bestehen bleiben?

Die moderne wissenschaftliche Kosmologie wurde im Jahre 1917 [37] durch Albert Einstein in seiner Arbeit „Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie“ begründet. Ausgehend von der Relativitätstheorie, wurde hier erstmalig ein mathematisches Modell unseres Weltalls gegeben. Allerdings hatte man schon lange zuvor Betrachtungen über die räumliche Struktur der Welt angestellt. Aristoteles entwarf ein Bild eines räumlich begrenzten Universums, in dem die Erde eine zentrale Stellung einnimmt (Inhomogenität), und gründete hierauf seine Bewegungslehre, gemäß der der natürliche Ort schwerer Körper der Mittelpunkt des Universums – die Erde – ist. Im Mittelalter nahm das aristotelisch-ptolemäische Weltsystem eine dominierende Stellung ein. Heftige weltanschauliche Auseinandersetzungen wurden um die neuen kosmologischen Ideen von Copernicus geführt. Aus dem heliozentrischen Charakter des copernicanischen Systems zog bereits Bruno den Schluß auf die Unbegrenztheit des Weltalls. Diese Schlußfolgerung wurde sowohl durch die Newtonsche als auch durch die Einsteinsche Theorie bestätigt. In der modernen, relativistischen Kosmologie wird in vielfältiger Weise darüber diskutiert, ob das unbegrenzte Weltall endlich oder unendlich (geschlossen oder offen) ist. Im Gegensatz dazu hatte man in der Newtonschen Physik das unbegrenzte Weltall zugleich als unendlich angesehen. Genauer müßte man sagen, daß in der klassischen Physik zwischen Unendlichkeit und Unbegrenztheit nicht unterschieden wurde. Diese Unterscheidung wurde erst 1854 durch Riemann, und zwar zunächst in die Mathematik, eingeführt. In seiner Vorlesung „Über die Hypothesen, welche der Geometrie zugrunde liegen“, heißt es: „Bei der Ausdehnung der Raumconstructions in's Unmeßbare ist Unbegrenztheit und Unendlichkeit zu scheiden; jene gehört zu den Ausdehnungsverhältnissen, diese zu den Masseverhältnissen.“¹⁵ Physikalische Bedeutung erlangte die Frage nach Endlichkeit oder Unendlichkeit des Weltalls mit der Relativitätstheorie.

Auf der Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie lassen sich gewisse mathematische Modelle entwerfen, die die geometrische Struktur der Welt in großen Maßstäben beschreiben.

¹⁵ B. Riemann, Ges. Math. Werke und wissenschaftlicher Nachlaß, Leipzig 1892, S. 284.

Allerdings gelangt man zu derartigen Modellen nicht auf der Grundlage der Relativitätstheorie allein. Diese liefert im wesentlichen Differentialgleichungen, zu deren Lösung zusätzliche Annahmen erforderlich sind. Diese Annahmen sind teils hypothetischer Natur, teils werden sie aus Beobachtungsergebnissen der Astronomie abgeleitet. Sie betreffen vor allem die Massenverteilung im Universum (Massendichte) sowie hierin vor sich gehende Bewegungs- und Entwick-[38]lungsprozesse. Besondere Bedeutung besitzt in diesem Zusammenhang die von Hubble 1929 entdeckte Rotverschiebung im Spektrum außergalaktischer Nebel, die heute im allgemeinen als Resultat eines Dopplereffektes gedeutet wird.

Die Behauptung, daß aus der Relativitätstheorie die Endlichkeit des Universums folgte, ist somit schon deshalb nicht stichhaltig, weil, für sich genommen, die Relativitätstheorie nichts über Endlichkeit oder Unendlichkeit der Welt aussagt.

In Abhängigkeit von den zugrunde gelegten Annahmen sind mathematische Weltmodelle möglich, die die Frage nach der räumlichen Endlichkeit oder Unendlichkeit des Weltalls in verschiedener Weise beantworten.

Das Einsteinsche Modell von 1917 führt zu der Schlußfolgerung, daß das Weltall im oben charakterisierten Sinne räumlich endlich ist. Einstein ging in seinen diesbezüglichen Überlegungen von der Homogenität und Isotropie des Raumes aus sowie von der Annahme, daß sich die im Weltall vorhandenen Massen im Ruhezustand befinden und daß die durchschnittliche Dichte der Materie konstant ist. Da diese Postulate – wenn man sie gleichzeitig fordert – den Gravitationsgleichungen in ihrer ursprünglichen Form widersprechen, führte Einstein den sogenannten kosmologischen Term ein und veränderte auf diese Weise die Feldgleichungen geringfügig. Er gelangte zu dem Ergebnis, daß sich der Radius des Universums aus der durchschnittlichen Materiedichte ableiten läßt – er ist von der Größenordnung 10^{28} cm – und daß die Gesamtmasse des Weltalls – als Folge endlicher Massendichte und endlichen Volumens – endlich ist.

Bereits im gleichen Jahre wurden neue Vorstellungen von de Sitter entwickelt. Seine Ideen vom dynamischen Charakter des Universums wurde wenig später Grundlage für die Berechnung der Rotverschiebung (Weyl 1923), die durch die Beobachtungsergebnisse von Hubble (1929) bestätigt wurden. Friedmann führte 1922 den Nachweis, daß die allgemeine Relativitätstheorie nur einen zeitlich sich entwickelnden Kosmos zuläßt.

In der Folgezeit wurde die relativistische Kosmologie vor allem von A. S. Eddington, G. Lemaitre und H. P. Robertson entwickelt. Einstein selbst gelangte 1931 zu der Ansicht, daß man den kosmologischen Term fallen lassen müsse. Die verschiedenen Arbeiten aus dieser frühen Zeit befassen sich mit einem homogenen, isotropen Weltall mit konstanter Krümmung. Sie zeigen, daß vom Standpunkt der Relativitätstheorie endliche wie auch unendliche Weltmodelle [39] möglich sind. Der erste Versuch Einsteins zeigte sehr frühzeitig seine Begrenztheit. Hauptsächlicher Einwand war zunächst der Hinweis darauf, daß er keine Erklärung der Rotverschiebung gestattet. Wenn man über Endlichkeit und Unendlichkeit in philosophischer Sicht diskutiert, muß man die Entwicklung der relativistischen Kosmologie beachten. Es ist einseitig, sich nur auf das Einsteinsche Modell von 1917 zu stützen. Von großer Bedeutung ist die klare Bestimmung der Begriffe Endlichkeit und Unendlichkeit. Die vom Standpunkt der Relativitätstheorie mögliche räumliche Endlichkeit des Universums ist keine Aussage von weltanschaulichem Charakter. Sie bedeutet das Vorhandensein einer bestimmten Geometrie in großen Maßstäben oder – im Sinne von Riemann – eine Charakterisierung der Maßverhältnisse des Universums. So verstanden, handelt es sich nicht um eine philosophische, sondern um eine einzelwissenschaftliche Problematik. Diese ist bei weitem noch nicht gelöst. Seit den 40er Jahren wurden allgemeinere kosmologische Modelle entwickelt (u. a. von K. Gödel, A. C. Selmanow). Aufschlußreich sind in diesem Zusammenhang vor

allem Überlegungen von Selmanow. Danach ist die Frage nach Endlichkeit *oder* Unendlichkeit des Raumes nur im Hinblick auf einfache kosmologische Modelle möglich, in denen die Homogenität und Isotropie des Raumes vorausgesetzt wird. Bei der Behandlung komplizierterer Fälle (Inhomogenität, Anisotropie) erscheint diese Frage als eine Frage von vorrelativistischem Charakter. Berücksichtigt man die Einheit von Raum und Zeit in der Relativitätstheorie, so erscheint es fraglich, ob die Unendlichkeit des Raumes (in Absonderung von der Zeit) invariant ist. Andererseits läßt sich zeigen, daß die aus der Relativitätstheorie folgende Unendlichkeit der Raum-Zeit eine Invariante darstellt. Selmanow konnte beweisen, daß bei sehr einfachen, nicht realen Beispielen (sog. leere Modelle) die Unendlichkeit und Endlichkeit des Raumes nicht die Eigenschaft der Invarianz besitzen. Die Unendlichkeit des Raumes in einem Bezugssystem schließt seine Endlichkeit in einem anderen nicht aus und umgekehrt. Eine sich gegenseitig ausschließende Gegenüberstellung von Endlichkeit und Unendlichkeit des Raumes gibt es nicht. Wenn diese Überlegungen bislang auch nur für einfache Fälle gesichert sind, so deutet sich hier doch eine Wende in der kosmologischen Behandlung des Problems von Endlichkeit und Unendlichkeit an.

Von besonderer Bedeutung sind in der heutigen Diskussion auch die von Bondi, Hoyle und Gold vertretene Steady-State-Theorie sowie die Gedanken vom pulsierenden Weltall von Bonner. Wichtig ist die Betonung des Entwicklungsgedankens sowie die Ablehnung theologischer Konsequenzen.

Die Begriffe Endlichkeit/Unendlichkeit spielen nicht nur in der Kosmologie eine Rolle, sondern in der Geschichte des menschlichen Denkens wurden um diese Begriffe auch heftige philosophische Debatten geführt. Der Inhalt dieser Begriffe in kosmologischer Sicht wurde oben bereits erläutert. Es ist nun die Frage zu stellen, welches besondere philosophische Problem sich mit ihnen verbindet und in welchem Verhältnis Kosmologie und Philosophie bezüglich dieser Begriffe stehen.

Die These von der Unendlichkeit der materiellen Welt – insbesondere von der räumlichen und zeitlichen Unendlichkeit (Ewigkeit) – ist Bestandteil der verschiedenen materialistischen Lehren der Vergangenheit. Diese These wurde vor allem in der Auseinandersetzung mit religiösen Vorstellungen entwickelt, in denen der Glaube an eine übernatürliche jenseitige Welt sowie an die Geschaffenheit der diesseitigen Welt eine zentrale Stellung einnimmt. In der Geschichte der Philosophie verband sich diese weltanschauliche Problematik mit den kosmologischen Fragen. Die philosophische Unendlichkeitslehre wurde entwickelt und unter wesentlicher Berufung auf die Erkenntnis der Unbegrenztheit (im physikalischen Sinne), während andererseits theologische Lehren heute aus den kosmologischen Diskussionen über Endlichkeit/Unendlichkeit Argumente abzuleiten versuchen. In den weltanschaulichen Diskussionen ist zweierlei zu beachten:

1. Es ist zu zeigen, daß die kosmologische Problematik selbst noch in der Diskussion steht und daß die neuere Entwicklung auf die Einheit von Endlichkeit und Unendlichkeit (im Sinne von Selmanow) zusteuert.

Die Frage, was sich „hinter“ einem möglicherweise endlichen Weltall befindet, ist sinnlos. Endlichkeit bedeutet eine bestimmte geometrische Struktur. Das Auftreten von mathematischen Singularitäten in kosmologischen Gleichungen ist kein Argument für einen Weltanfang, sondern ein Hinweis auf den historischen Charakter bestimmter Gesetzmäßigkeiten.

2. Der positive Gehalt der philosophischen Unendlichkeitslehre ist zu entwickeln. Wenn wir die philosophische Problematik streng von der Kosmologie unterscheiden, erhebt sich die Frage, was von der philosophischen Unendlichkeitslehre übrigbleibt. Ist mit den Begriffen Endlichkeit/Unendlichkeit ein spezifisch philosophisches Problem verbunden?

[41] Die zentrale Idee der marxistischen Philosophie ist die These von der materiellen Einheit der Welt. In bezug auf diese These ist die Unendlichkeitslehre zu entwickeln.

Berücksichtigt man den historischen Zusammenhang, in dem materialistische Philosophen die Idee der Unendlichkeit der materiellen Welt entwickelten, kommt man zu folgender Interpretationen:

Unendlichkeit der materiellen Welt ist in gewisser Hinsicht gleichbedeutend mit materieller *Einheit* der Welt. In der Aussage über die Unendlichkeit wird die materielle Einheit der Welt unter einem bestimmten Aspekt gefaßt. Es wird zum Ausdruck gebracht, daß der materielle Zusammenhang *unter keinen Bedingungen* durchbrochen wird, bzw. daß *unter allen Bedingungen* objektive Gesetze gelten. Es wird die *universelle Gültigkeit* des materialistischen Grundprinzips behauptet. Ein Bezug zur Raum-Zeit-Problematik ist insofern gegeben, als die genannten Bedingungen auch als raum-zeitliche Bedingungen verstanden werden können. In diesem Sinne kann man sagen: Der materielle Zusammenhang ist nirgends und niemals durchbrochen. Raum-zeitliche Unendlichkeit in diesem Sinne würde bedeuten, daß raum-zeitliche Beziehungen *ausnahmslos* in wechselseitigem Zusammenhang zu anderen materiellen Beziehungen stehen.

Eine so verstandene Auffassung von der Unendlichkeit der materiellen Welt ist von Bedeutung vor allem in Auseinandersetzung mit theologischen Lehren. Grundlage für eine philosophische Interpretation der Kosmologie ist sie insofern, als aus ihrer Sicht alle Erkenntnisse der Kosmologie als Erkenntnisse über materielle Zusammenhänge zu verstehen sind.

Will man die Philosophische Unendlichkeitslehre in ihrer ganzen Bedeutung erfassen, muß man noch einen zweiten Aspekt hervorheben:

Unendlichkeit im Zusammenhang mit *Entwicklung* bedeutet *unerschöpfliche Mannigfaltigkeit*.

Aus diesem Aspekt ergibt sich die erkenntniskritische Funktion der marxistischen Philosophie. Er hat auch für die Kosmologie große Bedeutung.

Schon Lenin betonte den relativen, annähernden Charakter unserer Erkenntnis. Damit gab er Antwort auf die philosophische Frage nach der Quelle unseres Wissens. Diese Frage wird von der dialektisch-materialistischen Philosophie durch die Anerkennung der außerhalb und unabhängig vom Bewußtsein existierenden objektiven Realität beantwortet. Die Feststellung von der *unendlichen Kompliziertheit* dieser objektiven Realität ist dabei eine Verallgemeinerung unserer bisherigen Erkenntnis. Die erkenntnistheoretische Bedeutung dieser Feststellung besteht in der dialektisch-materialistischen Erkenntniskritik: Alle unsere Aussagen über die Struktur der Materie sind relative Wahrheiten. Wir wehren uns also mit der These von der Unendlichkeit der Materie gegen die Dogmatisierung einzelwissenschaftlicher Erkenntnisse über die Struktur der Materie. In diesem Sinne ist jede neue Entdeckung der Wissenschaft eine Bestätigung der These von der unendlichen Kompliziertheit der Materie, die durch unsere Erkenntnis aus zwei Gründen nicht vollständig erfaßt werden kann: Erstens, weil die objektive Realität sich selbst ständig verändert, und zweitens, weil die Erkenntnis selbst ein komplizierter Prozeß des Vordringens von der Erscheinung zum Wesen ist.

Zweifellos begründen sich hier zwei Aussagen gegenseitig: Es ist festzustellen, daß die Materie unendlich kompliziert ist und daß alle Aussagen über die Struktur der Materie relative Wahrheiten sind. Die letztere Aussage ist eine Erfahrung aus der Geschichte des Denkens, die ihre Erklärung in der ersteren findet. Wer die unendliche Kompliziertheit der Materie leugnet, der muß zu dem Schluß kommen, daß man eines Tages die Prozesse, Eigenschaften und Beziehungen vollständig erkannt hat. Die Frage nach der raum-zeitlichen Struktur der Materie und nach ihrer Struktur überhaupt kann nur mit einzelwissenschaftlichen Experimen-

ten beantwortet werden, deren theoretische Verarbeitung auch philosophische Bedeutung hat. Die These von der unendlichen Kompliziertheit der Materie und damit vom unendlichen Erkenntnisprozeß ist ebenfalls aus den Ergebnissen der Wissenschaft (auch der Philosophie) verallgemeinert, aber keine Angelegenheit der Einzelwissenschaft.

Man muß das philosophische Problem hervorheben, weil die erkenntnistheoretische Untersuchung des Problems der Unendlichkeit der Materie eine Reihe weiterer philosophischer Aufgaben stellt. Ausgangspunkt ist dafür die Auffassung von der Unendlichkeit der Materie als des theoretischen Ausdrucks ihrer unendlichen Kompliziertheit, das heißt ihrer unendlichen qualitativen Verschiedenheit. So kann man dann auch die Frage nach der inneren Struktur der unendlich komplizierten Materie stellen und herausarbeiten, daß die objektiven Beziehungen in ihrer Unendlichkeit verschiedene Mächtigkeit haben, deren Analyse nur mit Hilfe des gesamten methodologischen und erkenntnistheoretischen Materials des dialektischen Materialismus erfolgen kann.

Beispielsweise ist ein biologisches Objekt schon kompliziert durch [43] seine biologischen Beziehungen (1. Mächtigkeit). Die Analyse dieser Vielzahl von Beziehungen, wenn man nicht unendlich sagen will, erfordert die Hervorhebung wesentlicher und allgemeiner Zusammenhänge. Zugleich gehen aber auch physikalische und chemische Beziehungen mit in das biologische Objekt ein, deren Erforschung für die Erklärung biologischer Beziehungen notwendig ist (2. Mächtigkeit). Die physikalischen Beziehungen selbst könnte man wieder in verschiedene Mächtigkeiten aufteilen; so gehen in das Atom neben den atomaren Beziehungen die der Elementarteilchen ein und in die Beziehungen der Elementarteilchen die Struktur der Teilchen, Mesonenfelder usw. Hier hilft uns die Analyse der verschiedenen objektiven Zusammenhänge, die Untersuchung der Durchsetzung der Notwendigkeit im Zufall, der Erscheinung des Wesens, der Formierung des Inhalts, der Verwirklichung von Möglichkeiten. Ohne dieses Problem hier weiter ausführen zu können, sei der Schluß gezogen, daß erst die Feststellung der philosophischen Aufgabe bei der Untersuchung der Unendlichkeit auch weitere philosophische Probleme deutlich macht.

Offensichtlich beantwortet also nicht eine Einzelwissenschaft die Frage nach den Quellen unseres Wissens, sondern die Philosophie. Quelle unseres Wissens ist die unendlich komplizierte Materie. Unsere Erkenntnis dieser Quelle, die Erkenntnis der objektiven Realität hat den Charakter relativer Wahrheiten. Damit wird die These von der Unendlichkeit der Materie als Erkenntniskritik in ihrer negativen Bedeutung genutzt. Sie ist keine Aussage über die Art und Weise, in der die Materie existiert, sondern eine Aussage darüber, daß die Erkenntnis der Art und Weise, in der die Materie existiert, stets relativ ist.

Die Ausarbeitung der philosophischen Raum-Zeit-Problematik ist eine wichtige Aufgabe der philosophischen Forschung. Sie ist von Bedeutung sowohl bei der philosophischen Durchdringung einzelwissenschaftlicher Begriffe und Theorien als auch bei der Analyse des Systems der Kategorien des dialektischen Materialismus. Das Stadium der Abgrenzung verschiedener philosophischer Ebenen kann nur als eine Vorstufe der philosophischen Behandlung betrachtet werden, deren Kern gerade darin besteht, den Zusammenhang der verschiedenen Ebenen zu erfassen. In dieser Richtung ist die Forschungsarbeit weiterzuführen. [44]

Erhaltung der Materie und physikalische Erhaltungssätze¹⁶

Zunächst sieht der Mensch eine komplizierte Welt, in der manches – da relativ zum menschlichen Leben stabil – unveränderlich ist, anderes plötzlich erscheint oder verschwindet. So bewies die Verbrennung scheinbar die Möglichkeit, Dinge völlig zu vernichten. Freilich blieb

¹⁶ Dieser Abschnitt entstand auf der Grundlage eines Manuskripts von Dr. R. Wahsner.

Asche zurück, aber der Rest verschwand spurlos im Feuer. Man konnte also annehmen, und idealistische Philosophen taten das: Die Dinge erscheinen und verschwinden nicht aus eigener Notwendigkeit, sondern durch die Macht eines jenseitigen Willens. Man kann diesen Sachverhalt auch als ständige Neuschöpfung fassen.

Auf dieser Erkenntnisstufe entstand aber auch der großartige materialistische Gedanke: „Nichts wird aus Nichts, und Nichts vergeht zu Nichts“. Das hieß, es gibt keine Prozesse, die die Dinge absolut vernichten, sie werden in ihnen nur umgewandelt. Das widersprach dem Augenschein, aber gerade dadurch ermöglichte es das Vordringen zum Wesen. Es bedeutete die Forderung nach einem lückenlosen Zusammenhang, es spornte zum Erkenntnisfortschritt an, enthielt ein heuristisches Moment, im Gegensatz zum Abfinden mit dem Verschwinden der Dinge, was nur ein Beschreiben der Erscheinungen ermöglichte. Bestrebt, das Werden zu erklären, gelangte man notwendig zur Idee von der Erhaltung der Materie, verstanden als Urstoff, aus dem alles entsteht und in den sich alles zurückverwandelt. Materie wurde als Material verstanden, aus dem sich alles aufbaut.

Bei Heraklit (500 v. u. Z.) wurde dieser unveränderliche Grundstoff aller sich verändernden Dinge selbst etwas Veränderliches. Sein Bild vom ewigen Feuer, das sich gesetzmäßig entzündet und das gesetzmäßig wieder verlöscht, zeigt die Vorstellung einer sich unablässig verändernden Welt. Alles fließt. Zwar tritt die Idee der Erhaltung hier in den Hintergrund, aber sie wird nicht gelehnet, eher tiefer verstanden als Erhaltung der Veränderung. Es lag hierin natürlich die *Möglichkeit* der Verabsolutierung zum Relativismus des Kratylos. War Heraklit der Auffassung, daß man nicht zweimal in denselben Fluß steigen könne, so vertrat Kratylos die Meinung, es sei auch einmal nicht möglich. Nach ihm kann man nichts mehr aussagen und nur noch den Finger bewegen, um auf etwas zu deuten. Wenn alles absolut veränderlich ist, wenn es keine relative Ruhe gibt, so ist es unmöglich, die Welt zu erkennen. Es läßt sich [45] jedoch keine wissenschaftliche Theorie aufbauen ohne Begriffe, die in irgendeiner Weise sich erhaltende Momente in den Prozessen widerspiegeln. So führte Kratylos den negativen Beweis für die erkenntnistheoretische Bedeutung der Auffassung von der Erhaltung der Materie.

Die Eleaten vertraten ein anderes Extrem, weil sie dem Agnostizismus entgehen wollten. Sie behaupteten, die Welt sei zwar völlig erkennbar, aber in Wahrheit absolut unbeweglich. Wurde im Keim bei Heraklit und explizit bei Kratylos die Veränderung übermäßig hervorgehoben, so verabsolutierten Parmenides und Zenon die Erhaltung. Die einseitige Dialektik Heraklits befriedigte die eleatische Schule nicht. Auch das Grundprinzip der ionischen Naturphilosophie konnte sie nicht annehmen – die Erklärung der Veränderung der Dinge durch die Zurückführung auf einen unveränderlichen Urstoff. Wenn sich die Welt ständig verändert, warum sollte die Veränderung bei dem Grundstoff aufhören? Wenn die aus dem Urstoff entstandenen Dinge dasselbe wie der Urstoff sind, gibt es keine Veränderung. Unterscheiden sie sich von ihm, so ist aus etwas Nichtseiendem Seiendes geworden. Das hätte jedoch dem Grundprinzip der alten Naturphilosophie, das auch die Eleaten anerkannten, widersprochen. Aus Nichts wird Nichts oder anders gesagt, das Sein entsteht nicht und vergeht nicht. Die gegenteilige Behauptung würde dem Begriff des Seins selbst widersprechen. Mit diesem Sein meinten sie nicht nur das Sein der Dinge, sondern auch das ihrer Eigenschaften. Daher hielten sie die Ansicht der Alten für inkonsequent, daß die veränderlichen Eigenschaften der Dinge aus dem unveränderlichen Urgrund entstehen sollten. So kamen sie zu dem Schluß, daß in Wahrheit Nichts vergeht und entsteht – weder die Dinge noch deren Eigenschaften. In Wahrheit ist die Welt einheitlich, unteilbar und unbeweglich. Nur der Meinung nach existieren die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen und die Veränderung. Die Einheit von Erhaltung und Nichterhaltung wurde gespalten und auf Wahrheit und Meinung verteilt. Die ursprünglich naive Idee von der Erhaltung der Materie in Form eines konkreten, immer existierenden na-

türlichen Stoffes wurde von den Eleaten logisch vollendet. Sie gingen zum Idealismus über, weil sie die Einheit von Materialismus und Dialektik nicht begreifen konnten. Ihre Verabsolutierung der Erhaltung war gleichzeitig eine Verabsolutierung der Kontinuität. Hier zeigte sich erstmals der Zusammenhang von Erhaltung und Kontinuität.

Die antiken Denker standen, wenn man die extremen Stand-[46]punkte der Eleaten und von Kratylos betrachtet, vor dem erkenntnistheoretischen Dilemma: Entweder befindet sich alles in ständiger Veränderung und ist nicht erkennbar, oder es ist erkennbar und verharrt in Unbeweglichkeit. Die Atomistik überwand die Einseitigkeit beider Auffassungen in genialer Weise. Das Sein ist in sich unbeweglich – es sind dies die unteilbaren, unerschaffbaren, unzerstörbaren Atome. Aber außer dem Sein existiert das Nichtsein – die Leere. Diese ermöglicht die Bewegung der Atome. Wenn das Sein nur homogen und kontinuierlich ist, kann sich nichts bewegen. In sich besitzt das Atom diese Eigenschaften, aber das Sein als Ganzes ist vielfältig und diskontinuierlich, denn man kann über das einzelne Sein hinausgehen ins Nichtsein, das die Atome voneinander trennt. Wenn das Nichtsein die Bewegung ermöglicht, selbst aber per definitionem nicht veränderlich ist, wenn es auf die Atome nicht wirken kann, so ist die Bewegung ewig. Damit sind sowohl die Erhaltung wie die Nichterhaltung real. Hier wird die Dialektik nicht nur tiefer verstanden als bei Heraklit, sondern auch begrifflich abstrakter gefaßt als Widerspruch zwischen Leerem und Vollem, allerdings ist sie bezüglich späterer Erkenntnisse einem gewissen Mechanizismus verhaftet.

So wie sich das menschliche Wesen im Verlauf der Geschichte in Philosophie und Einzelwissenschaft differenzierte, so entwickelte sich auch die These von der Erhaltung der Materie auf zwei Ebenen, wobei eine echt philosophische Deutung erst mit dem dialektischen Materialismus möglich wurde, da er den naturwissenschaftlichen Materiebegriff überwand.

Das Prinzip von der Erhaltung der Materie wurde in seiner klassisch-atomistischen Formulierung als Behauptung von der Existenz unzerstörbarer, unerschaffbarer Atome über lange Zeit bis zum Ende des 19. Jahrhunderts einer der wichtigsten Grundsätze der theoretischen Naturwissenschaft. Der Atomismus erlaubte als erster ein quantitatives Kriterium in dieses Prinzip einzuführen. Man konnte Erhaltung der Materie als Erhaltung der in einem Körper vorhandenen Anzahl von Teilchen verstehen. Insofern die Atome jedoch noch hypothetische Elemente waren, bestand die Aufgabe darin, die Abhängigkeit dieser Anzahl von unmittelbar im Experiment beobachtbaren Größen zu finden. Newton bestimmte die Quantität der Materie als die Größe, die dem Produkt von Dichte und Umfang des Körpers proportional ist. Diese Größe wurde Masse genannt. Dieser Begriff war seinerseits wiederum wichtig für die Formulierung der mechanischen Bewegungsgesetze.

[47] Als historisch erstes *physikalisches* Gesetz von der Erhaltung der Bewegung, und zwar in ihrer mechanischen Form, erscheint das Galileische Trägheitsprinzip. Es lautet: Ein Körper beharrt in seinem Zustand der Ruhe oder der geradlinig-gleichförmigen Bewegung, wenn er nicht durch einwirkende Kräfte gezwungen wird, seinen Zustand zu ändern. Hiernach sind Ruhe und geradlinig-gleichförmige Bewegung physikalisch ununterscheidbare Bewegungszustände. Ein Körper im kräftefreien Fall ist bewegt. Eine einwirkende Kraft verursacht nicht die Bewegung überhaupt, sondern nur die Bewegungsänderung. $K \sim \ddot{x}$ (wo K = einwirkende Kraft, \ddot{x} = 2. Ableitung des Weges nach der Zeit, Beschleunigung). Gegenüber der aristotelischen Bewegungsauffassung, nach der galt: $K \sim \dot{x}$ (\dot{x} = 1. Ableitung des Weges nach der Zeit, Geschwindigkeit), was bedeutete, daß ein Körper im kräftefreien Fall stets ruht, war das eine großartige Erkenntnis. Das Vordringen zu dieser der Erscheinung widersprechenden wesentlichen Beziehung setzte ein hohes Abstraktionsvermögen voraus. In der Newtonschen Formulierung der klassischen Mechanik wurde die Trägheit interpretiert als Trägheit der Materie im Sinne von Widerstand gegen die Bewegung. Diese Deutung entsprang der Tatsache, daß in die

obengenannte Beziehung die Masse m als Proportionalitätsfaktor eingeführt wird, und bei gegebener Kraft ist die Beschleunigung der Masse tatsächlich umgekehrt proportional, bzw. um eine bestimmte Beschleunigung zu erreichen, muß bei größerer Masse mehr Kraft aufgewandt werden. So wurde der Sinn des Trägheitsprinzips in sein Gegenteil verkehrt. Die moderne Physik zeigte, daß die Masse keine invariante Größe ist. Das Trägheitsgesetz ist für das Problem der Erhaltung jedoch nicht nur aus historischen Gründen wichtig, sondern auch weil mit ihm der Begriff des Inertialsystems verbunden ist. Auf dieses aber stützt sich nicht nur die klassische, sondern auch die relativistische Mechanik, um die in ihnen geltenden invarianten Beziehungen zu formulieren. Ein ideales Inertialsystem ist eine Abstraktion von realen Systemen. In ihm gelten die Erhaltungssätze streng, auf Grund seiner strengen Isolierung von anderen Systemen. Je genauer die Erhaltungssätze in einem System erfüllt sind, um so allgemeiner sind in ihm die Gesetze der mechanischen Bewegung. Die Suche nach einem System, das dem Inertialsystem so dicht wie möglich angenähert ist, bedeutet die Suche nach einem System, in dem diese Gesetze maximal allgemeinen Charakter tragen. Newton war bestrebt, ein solches System zu finden, und sah es in einem solchen, das mit dem absoluten Raum starr verbunden ist. Damit in realen Systemen die Erhaltungssätze streng gelten, muß man das ursprüngliche System fortlaufend erweitern und die Erhaltung in Einheit mit der Umwandlung sehen. Solange man jedoch glaubte, daß die mechanische Bewegungsform die einzige sei, konnte von Umwandlung keine Rede sein. Dieser Gedanke gewann erst mit der Entdeckung des Energieprinzips an Bedeutung, obwohl zunächst auch hier der Erhaltungsgedanke im Vordergrund stand.

Descartes' Prinzip von der Erhaltung der Bewegungsgröße trat in Beziehung zum Kausalbegriff und führte bei Leibniz zu der Formulierung „*causa aequat effectum*“ [die Ursache entspricht der Wirkung]. Dieser Gedanke spielte eine große Rolle bei der Aufstellung des Energieerhaltungssatzes. Robert Mayer schrieb: „Kräfte sind Ursachen, mithin findet auf dieselben der Grundsatz *causa aequat effectum* volle Anwendung. Hat die Ursache c die Wirkung e , so ist $c = e$; ist e wieder die Ursache einer anderen Wirkung f , so ist $e = f$ usw.; $c = e = f \dots = c$. In einer Kette von Ursachen und Wirkungen kann, wie aus der Natur einer Gleichung erhellt, nie ein Glied oder ein Teil eines Gliedes zu Null werden. Diese erste Eigenschaft aller Ursachen nennen wir ihre *Unzerstörbarkeit*. – Hat die gegebene Ursache c eine ihr gleiche Wirkung e hervorgebracht, so hat eben damit c zu sein aufgehört; c ist zu e geworden. Wäre nach der Hervorbringung von e c ganz oder einem Teil nach noch übrig, so müßte dieser rückbleibenden Ursache noch weitere Wirkung entsprechen, die Wirkung von c überhaupt, also e , ausfallen, was gegen die Voraussetzung $c = e$ verstößt. Da mithin c in e , e in f usw. übergeht, müssen wir diese Größen als verschiedene Erscheinungsformen eines und desselben Objekts betrachten. Die Fähigkeit, verschiedene Formen annehmen zu können, ist die zweite wesentliche Eigenschaft aller Ursachen. Beide Eigenschaften zusammengefaßt sagen wir: Ursachen sind (quantitativ) *unzerstörbare* und (qualitativ) *wandelbare* Objekte.“¹⁷

Im Jahre 1842 zeigte Mayer, daß die Wärmemenge Q bei mechanisch-thermodynamischen Prozessen als Energieform aufzufassen und mit in die Bilanzierung aufzunehmen ist. Sofern nicht noch Prozesse anderer Natur beteiligt sind, gilt dann für die Summe aus mechanischer Energie und Wärmeenergie ein Erhaltungssatz. Später erkannte man, daß die Wärme auch mechanischer Natur ist, da sie sich aus der kinetischen Energie der Moleküle zusammensetzt. Wegen der Extrapolation über die mechanische Energie hinaus und der Einbeziehung der Wärmeenergie betrachtete man Robert Mayer als Entdecker des Erhaltungssatzes der Energie, den er später auf [49] die anderen naturwissenschaftlichen Bereiche ausdehnte. Unabhängig von Mayer stellten Joule und Helmholtz ein Energieprinzip auf, jener unter Einbeziehung der chemi-

¹⁷ J. R. Mayer, Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur, in: Dokumente zur Morphologie, Symbolik und Geschichte, Berlin 1948, S. 13.

schen Energie in der Energiebilanz, dieser als universelles Naturprinzip. Heute wird der Erhalts- und Umwandelungssatz der Energie gewöhnlich so formuliert: In einem physikalischen System, dem Energie in irgendwelcher Form weder entnommen noch zugeführt wird, bleibt die Energie im Laufe der Zeit konstant, das heißt, Energie kann weder aus Nichts erzeugt werden noch in Nichts vergehen. Sie kann in verschiedenen Erscheinungsformen auftreten und sich von einer Erscheinungsform in eine andere umwandeln. Es existiert also kein „perpetuum mobile“, das dauernd Arbeiten verrichten kann, ohne daß ihm Energie zugeführt wird.

Engels maß der Entdeckung des Energieprinzips große Bedeutung bei; vor allem hielt er es für notwendig, den Gedanken der *Umwandlung* zu betonen: „Wurde noch vor zehn Jahren (– geschrieben 1885 – der Verf.) das neuentdeckte große Grundgesetz der Bewegung gefaßt als bloßes Gesetz von der *Erhaltung* der Energie, als bloßer Ausdruck der Unzerstörbarkeit und Unerschaffbarkeit der Bewegung, also bloß nach seiner quantitativen Seite, so wird dieser enge negative Ausdruck mehr und mehr verdrängt durch den Positiven der *Verwandlung* der Energie, worin erst der qualitative Inhalt des Prozesses zu seinem Recht kommt und worin die letzte Erinnerung an den außerweltlichen Schöpfer ausgelöscht ist. Daß die Menge der Bewegung (der sogenannten Energie) sich nicht verändert, wenn sie sich aus kinetischer Energie (sogenannter mechanischer Kraft) in Elektrizität, Wärme, potentielle Energie der Lage usw. verwandelt und umgekehrt, braucht jetzt nicht mehr als etwas Neues gepredigt zu werden; es dient als einmal gewonnene Grundlage der nun viel inhaltsvolleren Untersuchung des Verwandlungsprozesses selbst, des großen Grundprozesses in dessen Erkenntnis die ganze Erkenntnis der Natur sich zusammenfaßt.“¹⁸

Aber nicht nur für die Philosophie, sondern vor allem für die Entwicklung der Physik und somit für den Fortschritt der Technik war die Erkenntnis des Energieerhaltungssatzes außerordentlich bedeutungsvoll. Es handelt sich bei der Energieerhaltung um eine physikalisch wie philosophisch fundamentale Fragestellung. Das sollte jedoch kein Anlaß sein, den Energiebegriff überzubewerten. Die Erkenntnisse der allgemeinen Relativitätstheorie zeigen, daß der Energiebegriff im physikalischen Begriffssystem eine untergeordnete Rolle spielt. Den Begriff der Energie, der eine physika-[50]lische Größe charakterisiert, mit der philosophischen Kategorie Bewegung zu identifizieren, zeugt von einer prinzipiell falschen Auffassung über die Beziehung von Philosophie und Naturwissenschaft und ist in ernst zu nehmenden Schriften heute auch nicht mehr zu finden. Die Möglichkeit, den Energiebegriff zu verabsolutieren, wird meines Erachtens geringer durch eine abstraktere Bestimmung, wie sie Ernst Schmutzer vorschlägt. Er kritisiert die Definition der Energie als gespeicherte Arbeit oder Arbeitsfähigkeit, da der Begriff Arbeit zu sehr durch die Mechanik vorbelastet sei und die Zurückführung aller Energieformen auf Arbeit eine ungerechtfertigte Bevorzugung des Begriffs Arbeit vor den anderen Energieformen sei.¹⁹ Schmutzer gewinnt die Definition des Begriffs Energie E eines physikalischen Systems aus dem Postulat eines Erhaltungssatzes hinsichtlich des Ablaufs der Zeit t :

$$\frac{d E}{d t} = 0 \text{ bzw. } = \text{const.},$$

das heißt, die zeitliche Änderung der Energie des Systems ist Null bzw., die Energie des Systems ist konstant. Von der Größe E ist dabei die physikalische Dimension einer Energie zu fordern. Der Physiker hat dann das Problem zu lösen, wann und ob sich überhaupt aus den Naturgesetzen eine mathematische Größe E herausfinden läßt, die die physikalische Dimension einer Energie besitzt, im Grenzfall der nichtrelativistischen Physik mit dem gewohnten Energiebegriff übereinstimmt und im Laufe der Zeit erhalten bleibt.

¹⁸ Marx/Engels, Werke Bd. 20, S. 13.

¹⁹ E. Schmutzer, Der Energieerhaltungssatz und die relativistische Physik. In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie 9/66, S. 1087.

Aus der vorrelativistischen Physik waren zwölf Erhaltungssätze bekannt: 1. Energieerhaltung (ein Erhaltungssatz) 2. Impulserhaltung (drei Erhaltungssätze) 3. Drehimpulserhaltung (drei Erhaltungssätze), 4. Schwerpunkterhaltung (drei Erhaltungssätze) 5. Stofferhaltung (ein Erhaltungssatz) 6. Elektrische Ladungserhaltung (ein Erhaltungssatz). Der Satz von der Erhaltung des Stoffes, der durch seine Masse charakterisiert wurde, wurde nach Aufstellung der Einsteinschen Energie-Masse-Relation $E = m c^2$ ($c = 300.000 \text{ km/s}$ ist Lichtgeschwindigkeit im Vakuum), die besagt, daß auch Feldern Masse zugeordnet werden muß, als nur grobe Annäherung erkannt. Zwar war dieser Erhaltungssatz in der Chemie fundamental und ist dort heute noch anwendbar, aber sein tieferer Gehalt wird vom Erhaltungssatz der Energie erfaßt, so daß sich die zwölf genannten Erhaltungssätze auf elf reduzieren.

Die Existenz dieser Erhaltungssätze wird durch das Noether-Theorem tiefer verstanden. Dieses besagt: Wenn eine physikalische Theorie gegenüber einer bestimmten Transformation kovariant ist, [51] so ist dieser Transformation ein Erhaltungssatz zugeordnet. Danach bedeutet Energieerhaltung – Invarianz der Theorie gegenüber einer festen zeitlichen Verschiebung, das heißt, daß kein zeitlicher Anfangspunkt der Welt ausgezeichnet sein darf, die Zeit homogen ist; Impulserhaltung – Invarianz der Theorie gegenüber einer festen räumlichen Verschiebung, das heißt, daß kein räumlicher Anfangspunkt der Welt ausgezeichnet sein darf, der Raum homogen ist; Drehimpulserhaltung – Invarianz der Theorie gegenüber räumlichen Drehungen, das heißt, daß keine räumliche Richtung der Welt ausgezeichnet sein darf, der Raum isotrop ist; Schwerpunkterhaltung – Invarianz der Theorie gegenüber gleichförmigen Bewegungen; elektrische Ladungserhaltung – Invarianz der Theorie gegenüber Umeichungen der elektromagnetischen Potentiale.

Es ist müßig, darüber zu streiten, ob sich die Erhaltungssätze aus den Symmetrieeigenschaften von Raum und Zeit ableiten oder umgekehrt. Es werden bestimmte Symmetrieeigenschaften der Raum-Zeit bestimmten Erhaltungssätzen *zugeordnet*. Allerdings wird man zustimmen, daß mit der experimentellen Überprüfung der Erhaltungssätze die Homogenität der Zeit sowie die Homogenität und Isotropie des Raumes experimentell überprüft wurden. Aber so wenig man bestimmte Symmetrieeigenschaften von Raum und Zeit als *unabdingbar* fordern kann, kann man bestimmte Erhaltungssätze fordern oder gar als philosophisches Postulat aufstellen. Das Noether-Theorem zeigt gewisse Konsequenzen eines solchen fehlerhaften Herangehens.

Die Gültigkeit der bekannten Erhaltungssätze ist also von Eigenschaften der Raum-Zeit abhängig. In der speziellen Relativitätstheorie gilt die vierdimensionale pseudo-euklidische Raum-Zeit Welt, der Minkowski-Raum. Da er keine Krümmung besitzt, ist in ihm weder ein räumlicher oder zeitlicher Anfangspunkt noch eine räumliche Richtung ausgezeichnet. Daher gelten alle elf Erhaltungssätze, wobei Energie- und Impulssatz sowie Drehimpuls- und Schwerpunktsatz jeweils nur noch zusammen, nicht mehr als getrennte Erhaltungssätze Gültigkeit haben. Um die bekannten Erhaltungssätze zu sichern, muß das betrachtete System von Beziehungen erweitert werden – hier verstanden als Einbeziehung einer anderen physikalischen Größe –, und man erkannte damit neue wesentliche Beziehungen als Zusammenhang oder besser als Zusammengehörigkeit bestimmter physikalischer Größen. Man weist Erhaltungssätze nach, indem man zunächst nach lokalen Erhaltungssätzen sucht, um dann aus ihnen globale abzuleiten, denn das eigent-[52]lich Interessante für den Physiker wie für den Philosophen ist nicht die lokale, punktweise Erhaltung, sondern die globale, das heißt die Erhaltung, die auf ein endlich ausgedehntes physikalisches System bezogen ist. Für die Integration differentieller Erhaltungssätze tritt als physikalische Randbedingung die Forderung der Homogenität und Isotropie der Raum-Zeit im Unendlichen auf, was die Isoliertheit des Systems ausdrückt. Bei der Isolierung des Systems abstrahiert man von der äußeren Wechselwirkung, was nur eine in bestimmten Grenzen berechnete Idealisierung ist. In der un gekrümmten Raum-Zeit ist diese Bedingung erfüllt, deshalb lassen sich in ihrem Rahmen aus

den lokalen Erhaltungssätzen globale herleiten. Diese sind so beschaffen, daß die Erhaltungsgrößen, wie zum Beispiel Energie, als auch elektrische Ladung in einem Raumbereich konstant sind, wenn keine Strömung durch die Begrenzung des Bereichs erfolgt.

Außerdem lassen sich die elektrische Ladung und die Energie lokalisieren. Man kann jedem Raumpunkt eindeutig eine bestimmte elektrische Ladungsdichte und eine bestimmte Energiedichte zuschreiben. Demnach hat es einen wohldefinierten Sinn zu sagen, daß sich in einem bestimmten Volumen eine bestimmte Menge an elektrischer Ladung, eine bestimmte Menge an Energie befinden. In der allgemeinen Relativitätstheorie ergeben sich nun aber für den Energiebegriff entscheidende Änderungen. Die Symmetrieforderungen der speziellen Relativitätstheorie stellen eine notwendige, auf bestimmte Bereiche exakt anwendbare Idealisierung wirklicher Beziehungen dar, entsprechen aber nicht voll der Wirklichkeit. Einsteins Erkenntnisse, die er in der allgemeinen Relativitätstheorie darlegte, führten zu der Einsicht, daß unsere Welt eine gewisse Krümmung besitzt. Damit ist man grundsätzlich auf krummlinige Koordinaten zur Naturbeschreibung angewiesen und kann nicht mehr rechtwinklig cartesische Koordinaten benutzen. Hieraus ergibt sich eine beträchtliche Komplizierung des mathematischen Apparats, die eine völlig neue, sehr komplizierte physikalische Situation ausdrückt und damit auch kompliziertere philosophische Probleme aufwirft.

Auf der Basis der Einsteinschen Theorie der gekrümmten Raum-Zeit gibt es im wesentlichen nur zwei konkrete Möglichkeiten für die Gestalt des lokalen Erhaltungssatzes der Energie, damit sich aus ihm ein globaler ableiten läßt. Die Version von Moller wurde verworfen, da sie die Kontinuität zwischen spezieller und allgemeiner Relativitätstheorie verletzt. Auch andere Versuche schlugen [53] fehl, so daß sich mit großer Wahrscheinlichkeit die Einsteinsche Energiekonzeption bestätigen wird. Das würde bedeuten: Die Verwendbarkeit des Energie-Impuls-Begriffes und damit des Energie-Impuls-Erhaltungssatzes reduziert sich auf eine inselartige Materieverteilung und dabei auch nur dann, wenn Längenkoordinaten (Koordinaten, deren Linien aus dem Unendlichen kommen, durch die Materie hindurchgehen und wieder im Unendlichen verschwinden) benutzt werden. Die Energie läßt sich nicht mehr lokalisieren, da man durch bloße Koordinatentransformation in einem materiefreien Raum eine Energiedichte erzeugen könnte. Es ist somit sinnlos, von einer gewissen Menge Energie in einem Volumen zu sprechen. Der Energiebegriff muß dadurch sehr abstrakt gefaßt werden, denn es gehen in ihn Topologie und geometrische Konfiguration wesentlich mit ein. Für Drehimpuls und Schwerpunkt gilt nicht einmal ein lokaler Erhaltungssatz, insofern verschärft sich für diese Größen die Situation noch.

Da es nach unseren heutigen Kenntnissen unwahrscheinlich ist, daß das Universum eine inselartige Struktur besitzt, falls der Begriff Struktur des Universums überhaupt einen Sinn hat, wird es problematisch, den Energie-Impuls-Begriff auf das Universum anzuwenden. Daher sind Aussagen, daß die Gesamtenergie der Welt bei allen Umwandlungsprozessen erhalten bleibt, wissenschaftlich wertlos. Man kann Ernst Schmutzer zustimmen: „So schockierend diese Feststellungen auf unseren an irdischen Erfahrungen geschulten Geist auch wirken mögen, wir glauben nicht, daß diese Tatsachen einer dialektisch-materialistischen Auffassung des Wesens der Materie im Wege stehen.“²⁰

Kann man also einerseits eine gewisse Einschränkung der Gültigkeit bekannter Erhaltungssätze feststellen, so wurden andererseits neue entdeckt, zum Beispiel die für die Wechselwirkung zwischen den Elementarteilchen. Bezüglich dieser Teilchen, die nach dem gegenwärtigen Wissensstand die elementarsten sind, bedeutet Erhaltung nicht, daß sie selbst unwandelbare Objekte sind. Im Gegenteil, die gegenseitige Umwandelbarkeit ist eine ihrer wesentlichen Eigenschaften.

²⁰ Ebenda, S. 1099.

Aber bei der Umwandlung und Wechselwirkung der Teilchen bleiben bestimmte Größen erhalten. Die über diese Größen formulierten Erhaltungssätze schränken somit die Reaktionsmöglichkeiten der Teilchen ein. Dabei geht es um die Erhaltung wesentlicher Beziehungen für bestimmte Transformationen. Diese Beziehungen müssen nicht unbedingt anschaulich sein. Dann erlangt aber auch der Symmetriebegriff umfassendere Bedeutung als [54] in der klassischen Physik. Symmetrie heißt Invarianz gegenüber bestimmten Transformationsgruppen.

Andererseits zeigt sich, daß bestimmte Erhaltungssätze verletzt werden, manche in einer, andere auch in zwei oder drei für die Elementarteilchen wesentlichen Arten der Wechselwirkung. So gilt zum Beispiel der Erhaltungssatz der Parität, der räumlichen Spiegelung, bei schwachen Wechselwirkungen nicht. Diese Feststellung erregte seinerzeit großes Aufsehen.

Man steht so vor dem Problem, daß die Theorie einerseits gegenüber bestimmten Transformationen invariant sein muß, sie aber andererseits die Nichterhaltung verschiedener Größen zu berücksichtigen hat. Das philosophische Problem liegt hier in der Einheit von Erhaltung und Nichterhaltung, von Symmetrie und Asymmetrie. Diese Frage ist sowohl physikalisch wie philosophisch noch offen. Es gibt aber auf beiden Ebenen interessante Lösungsversuche. So diskutiert Heisenberg die Möglichkeit, nicht wie bisher vom Vakuum – als einem völlig symmetrischen Zustand ohne Teilchen, aus dem durch Anwendung von Operatoren die Teilchen gebildet werden – auszugehen, sondern einen nichtsymmetrischen Grundzustand anzunehmen. Auf diese Weise sucht Heisenberg den stufenweisen Zusammenbruch der Symmetrien, der mit einer Änderung der Wechselwirkung in Form und Stärke einhergeht, nicht in einem unsymmetrischen Naturgesetz, sondern deutet ihn als Ausdruck einer recht komplizierten Struktur des Gesamtzustands.

Eine mögliche philosophische Deutung des Verhältnisses von Symmetrie und Asymmetrie bei starker und schwacher Wechselwirkung besteht in folgendem: Es existieren relativ isolierte Systeme, die von der sie umgebenden Welt nicht wesentlich beeinflußt werden, die sich also aus ihren inneren Beziehungen erklären lassen. Man kann nun berücksichtigen, daß jedes System durch die Art der Wechselwirkung seiner Elemente bestimmt wird. Danach sind die Stärke der Wechselwirkung und der Radius seiner Wirkung für die Stabilität des Systems verantwortlich. Man kann die starke Wechselwirkung deshalb als systemerhaltende Kraft erfassen, die die Elementarteilchen zu einem relativ stabilen System zusammenschließt. In diesem System gelten neben den streng gültigen Erhaltungssätzen solche, die spezifisch für dieses System sind. Während die starke Wechselwirkung für die Systemerhaltung entscheidend ist, charakterisiert die schwache Wechselwirkung den Zerfall, die Systemauflösung. Ein Neutron steht im Kern in starker Wechselwirkung mit dem Proton. Beide Teilchen erscheinen als zwei Aspekte des Kern-[55]teilchens, des Nukleons. Die Wechselwirkung im Nukleon wird durch die π -Mesonen verwirklicht. Dieses System der Kernteilchen mit ihren Wechselwirkungen ist relativ stabil. Von künstlichem oder natürlichem Kernzerfall abgesehen, ist dieses System durch viele Symmetrien gekennzeichnet.

Das freie Neutron zerfällt. Die dafür charakteristische schwache Wechselwirkung ist die Aufhebung des relativ abgeschlossenen Systems. Bei ihr treten wesentliche Einwirkungen der Außenwelt auf, die zur Verletzung von Erhaltungssätzen führen. In der Beziehung zwischen Spin und Geschwindigkeit der beim β -Zerfall ausgesandten Elektronen macht sich eine Verletzung der Parität bemerkbar. Damit tritt die Veränderung des Systems als Ausdruck von Symmetrieverletzung, von Nichterhaltung in den Vordergrund. Die starke Wechselwirkung wäre dann ein Grenzfall der schwachen, bei der eventuell existierende Parameter für die Veränderung des Systems nicht berücksichtigt zu werden brauchen.

Solche Systeme wären durch eine größere Zahl von Erhaltungssätzen charakterisiert als die durch schwache Wechselwirkung verbundenen Elementarteilchen. Dabei braucht der Einfluß

äußerer Einwirkungen oder innerer Veränderungen auf diese stabilen Beziehungen, der sich in der Verletzung von Erhaltungssätzen äußert, nicht berücksichtigt zu werden. Es muß aber Klarheit darüber vorliegen, daß wir hier ein Idealsystem geschaffen haben, das in der Wirklichkeit nur annähernd verwirklicht ist. Die Einheit von starker und schwacher Wechselwirkung, ihr Zusammenhang mit der Erhaltung und Nichterhaltung ist damit Ausdruck der objektiv existierenden Einheit von Symmetrie und Asymmetrie.

Eine Einheit von Symmetrie und Asymmetrie existiert in der Form, daß durchbrochene Symmetrien in umfassenderen Systemen wieder als kombinierte Symmetrien zu finden sind. Die Forderung nach Symmetrie hat großen heuristischen Wert, weil sie zwingt, tieferliegende Symmetrien zu finden. Dies zeigte sich sehr deutlich bei der Neutrino-Hypothese. Es schien zunächst, als sei beim Neutronenzerfall der Energieerhaltungssatz verletzt. Doch dann ging Pauli davon aus, daß beim Zerfall des Neutrons neben dem ausgestrahlten Elektron noch ein anderes Teilchen ausgesandt werde. Dieses Teilchen – Neutrino genannt – mußte nach dem Ladungserhaltungssatz neutral sein und eine kleine Masse haben, aber die fehlende Energie in diesem Umwandlungsprozeß repräsentieren. Das Neutrino wurde experimentell nachgewiesen, womit sich die Strenge Gültigkeit des Energiesatzes in diesem Falle bestätigt hatte.

[56] Die Einheit von Symmetrie und Asymmetrie hat jedoch auch noch eine andere Seite, die sich durch die Frage charakterisieren läßt, ob man die Nichterhaltung gesetzmäßig erfassen kann. Um dieses Problem im rechten Licht zu sehen, noch ein Wort zum Verhältnis von Nichterhaltung und Gesetz. In jedem konkreten Prozeß, der als solcher irreversibel ist, ist gerade die Veränderung der entsprechenden physikalischen Größen wesentlich und nicht ihre Erhaltung. Im Gesetz dagegen – und Erhaltungssätze sind Gesetze – ist die Symmetrie der physikalischen Vorgänge von Bedeutung, da dem Wesen einer Sache stets Invarianzeigenschaften zukommen. Die Asymmetrie, die durch die auf der Kausalität beruhende zeitliche Gerichtetheit charakterisiert ist, geht dort nicht unmittelbar ein. Selbst die sogenannten kausalen Gesetze der klassischen Mechanik waren symmetrisch, widerspiegelten die Kausalität nur indirekt. Insofern ist es problematisch, Kausalität als Erhaltungssatz zu definieren. Die Bedeutung der physikalischen Erhaltungssätze für die Kausalität liegt mehr im Gedanken der Übertragung der Bewegung, der Vermittlung des Zusammenhangs, der Kontinuität.

Triviale Erhaltung würde also jeden Prozeß unmöglich machen, nichttriviale Erhaltung (Symmetrie) setzt Wechselwirkung voraus, die als Gesamtheit von Kausalrelationen (Asymmetrien) aufzufassen ist. Erhaltungssätze gelten also nur für Wechselwirkung insgesamt, d. h. für abgeschlossene physikalische Systeme, nicht für einzelne Teile des Systems, zwischen denen Austausch und Übertragung erfolgt. Interessant und erkennbar sind für die Wissenschaft aber auch nicht die konkreten und zeitlich gerichteten Vermittlungen des Zusammenhangs in ihrer Isoliertheit, sondern der wesentliche Gesamtzusammenhang eines Systems. Gesetzmäßige Erfassung der Nichterhaltung kann nur unter Berücksichtigung dieser Beziehungen verstanden werden. Das Problem der Erhaltung bezieht sich – wie wir sahen – vom modernen Standpunkt in erster Linie auf die Einheit von Symmetrie und Asymmetrie.

Erhaltung der Materie kann heute nicht mehr aufgefaßt werden als Erhaltung eines Urstoffs oder unveränderlicher kleinster Elemente. Als philosophische These bedeutet es Erhaltung der objektiven Realität. Die Materie existiert aus sich selbst heraus, und das besagt, daß jede Erscheinung mit anderen räumlich und zeitlich zusammenhängt, von anderen Erscheinungen bestimmt und bedingt wird, also determiniert ist. Hier deutet sich an, daß die These von der materiellen Einheit der Welt im Keim den ganzen dialektischen Materialismus enthält. [57]

Der dialektische Determinismus als Philosophische Theorie des Zusammenhangs

Bewegung Wechselwirkung Zusammenhang

Die Bewegungstheorie des Altertums war mit der bereits charakterisierten Raum-Zeit-Auffassung verbunden. Danach ist der Stoff teilbar bis zu den Atomen, sie sind das Volle, während für die Bewegung der leere Raum unbedingt erforderlich ist. Der Zusammenhang zwischen den verschiedenen Atomen wird durch Wechselwirkung hergestellt. Dabei anerkannte Aristoteles eine proportionale Abhängigkeit zwischen Masse und Geschwindigkeit. Die Entwicklung der modernen Physik, die mit den Namen Galilei, Newton, Copernicus usw. verbunden ist, zeigte die Falschheit der aristotelischen Bewegungsauffassung. Galilei bereits wies nach, daß keine Proportionalität zwischen Kraft und Geschwindigkeit besteht, sondern die Kraft proportional der Beschleunigung ist, wobei die Masse als Proportionalitätsfaktor auftritt. Die klassische Physik entwickelt nun eine Theorie der Bewegung, nach der das physikalische Objekt sich zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem genau bestimmten Ort befindet. An jedem Ort besitzt es eine bestimmte Geschwindigkeit. Mit Hilfe der Gleichungen der klassischen Physik ist es dann möglich, die zukünftige Bewegung jedes physikalischen Objekts genau vorauszubestimmen. Laplace nahm sogar an, daß ein Wesen, das übermenschliche Fähigkeiten besitzt, in der Lage wäre, sobald es Orte und Geschwindigkeiten aller Körper zu einem ganz genau bestimmten Zeitpunkt weiß, alle Bewegungen von den kleinsten Atomen bis zu den Himmelskörpern exakt vorauszusagen. Dieser Laplacesche Dämon bildet die Grundlage der klassischen Determinismusauffassung.

Wesentlich für die klassische Bewegungsauffassung waren zwei philosophische Bestimmungen über die Art der physikalischen Objekte und über die Kräfte, die zwischen ihnen wirken. Es wurde von den klassischen Physikern und den mechanischen Materialisten die Stofflichkeit der Materie anerkannt und außerdem vorausgesetzt, daß Fernwirkung zwischen den physikalischen Objekten möglich ist. Diese Auffassung wurde durch die Entwicklung der Elektro-[58]dynamik bereits widerlegt. Die Kraft sollte dabei in dieser Fernwirkungstheorie der klassischen Physik immer entlang gedachter Verbindungslinien zwischen den wechselwirkenden Objekten wirken. Dagegen sprachen nun bereits die ersten Experimente der Elektrizitätslehre. Vor ungefähr 130 Jahren wurde ein Experiment von Oerstedt durchgeführt, das die Verbindung zwischen Magnetismus und Elektrizität zeigt. Einstein und Infeld schreiben darüber: „Das Experiment ist zunächst deshalb interessant, weil es eine Beziehung zwischen zwei scheinbar ganz verschiedenartigen Phänomenen, dem Magnetismus und dem elektrischen Strom, aufzeigt. Doch ist auch noch ein anderer sogar noch wichtigerer Punkt zu beachten. Die Kraft, die zwischen den Magnetpolen und den ihnen gegenüberliegenden kleinen Abschnitten des stromdurchflossenen Drahtes waltet, kann nicht die Richtung von gedachten Verbindungslinien zwischen Draht und Nadel, beziehungsweise zwischen den Partikeln des strömenden elektrischen Fluidums und den magnetischen Elementardipolen haben, denn sie wirkt ja senkrecht zu diesen Linien. Zum ersten Mal taucht also eine Kraft auf, die von ganz anderer Art ist als die, mit der wir im Rahmen unserer mechanistischen Theorie alle Vorgänge in der Außenwelt zu deuten gedachten.“²¹ In dem Experiment von Oerstedt wurde deutlich, daß eine Magnetnadel sich, wenn sie sich im Mittelpunkt eines stromdurchflossenen Leiters befindet, senkrecht zu diesem Leiter bewegt, also nicht eine direkte Verbindung zwischen Draht und Leiter besteht.

Über den Charakter dieser Kraft, die durch die Elektrizitätslehre neu erkannt wurde, gab es viele philosophische Diskussionen. Es wurde die Frage gestellt, ob diese Kraft materiell sei.

²¹ A. Einstein/L. Infeld, Die Evolution der Physik, Hamburg 1956, S. 63.

Die Antwort bestand darin, das Feld als Materieart zu betrachten. Der Körper hat dann ein Feld, das auf das Feld des anderen Körpers und damit auf ihn selbst wirkt. Die Wirkung vollzieht sich also nicht mehr von Körper zu Körper, sondern vermittelt über das Feld. Damit fällt auch die Auffassung von der möglichen Fernwirkung. Die Fernwirkung vollzog sich ohne materielle Ursachen zwischen Körper und Körper. Nun wird die Wechselwirkung zwischen zwei Körpern durch das Feld vermittelt. Einstein und Infeld schreiben über die durch die Feldphysik durchgeführte Kritik des mechanischen Materialismus: „Wir haben gesehen, wie und warum das mechanistische Denken versagte. Es hatte sich als unmöglich erwiesen, alle Phänomene auf einfache, zwischen unveränderlichen Partikeln waltende Kräfte zurückzuführen. Unsere ersten Versuche, [59] den engen Rahmen des mechanistischen Denkens zu sprengen und Feldbegriffe einzuführen, lieferten uns auf dem Gebiet des Elektromagnetismus überaus brauchbare Ergebnisse. So wurden die strukturellen Gesetze des elektromagnetischen Feldes formuliert, Gesetze, die den Zusammenhang herstellen zwischen Vorgängen, die einander räumlich und zeitlich sehr dicht benachbart sind. Diese Gesetze lassen sich mit der speziellen Relativitätstheorie vereinbaren, da sie im Hinblick auf die Lorentztransformation unveränderlich sind. Später verlangte die allgemeine Relativitätstheorie dann die Aufstellung neuer Gravitationsgesetze. Auch diese sind struktureller Natur. Sie beziehen sich auf das Schwerfeld zwischen Materieteilchen. Es erwies sich auch als einfach, die Maxwell'schen Gesetze in der Weise zu verallgemeinern, daß sie wie die Gravitationsgesetze der allgemeinen Relativitätstheorie auf jedes beliebige System angewandt werden können.“²² Es wurden also von den Physikern zwei Materiearten untersucht und Theorien über sie ausgearbeitet, nämlich Stoff und Strahlung oder, anders ausgedrückt, Teilchen und Feld. Das philosophische Ergebnis dieser physikalischen Entwicklung besteht darin, daß die Bewegung als Wechselwirkung komplizierter ist, als es die klassische Physik annahm. In der klassischen Physik und im mechanischen Materialismus wurde die Bewegung als Wechselwirkung nur so erfaßt, als ob die bloße Berührung der Körper diese Wechselwirkung darstelle. Es zeigte sich jedoch mit der Entwicklung der Feldphysik, daß die Kompliziertheit der Wechselwirkung dadurch ausgedrückt werden kann, daß der Körper, vermittelt durch das Feld, auf den anderen Körper einwirkt. Gleichzeitig wurden neue Materiearten entdeckt und die Wechselwirkung zwischen den Körpern durch diese neue Materieart, nämlich das Feld, erklärt. So vollzieht sich also die Wirkung des einen Körpers auf den anderen durch materielle Prozesse.

Damit trat jedoch ein neues Problem auf, nämlich das der einheitlichen Erklärung der Welt. Die klassische Physik und der mechanische Materialismus hatten versucht, die Welt dadurch einheitlich zu erklären, daß sie alles auf Stoff oder Teilchen zurückführten. Da nun zwei Materiearten nebeneinander existieren, nämlich Feld und Stoff oder, wie Einstein und Infeld sagen, Feld und Materie, ist die Auffassung zu überprüfen, ob eine einheitliche Erklärung der Welt überhaupt existiert. Einstein und Infeld schreiben dazu: „Wir haben es nun mit zwei Gegebenheiten zu tun, Materie und Feld. Es kann nicht mehr die Rede davon sein, die ganze Physik auf den Materiebegriff allein aufzubauen wie es die Physiker des beginnenden [60] 19. Jahrhunderts noch getan haben. Vorläufig müssen wir beide Begriffe akzeptieren. Können wir uns aber Feld und Materie nun als zwei für sich bestehende wesensverschiedene Gegebenheiten denken? Wenn wir ein kleines Materieteilchen nehmen, könnten wir ja vielleicht sagen, so naiv diese Vorstellung auch sein mag, daß die Partikel dort, wo sie aufhört und das Schwerfeld anfängt, eine klar definierbare Oberfläche hat. Dieser Vorstellung gemäß wäre das Gebiet, in dem die Feldgesetze gelten, klar und übergangslos von der materiellen Region getrennt. Wie unterscheiden sich Materie und Feld dann aber in physikalischer Hinsicht? Bevor wir noch etwas von der Relativitätstheorie wußten, hätten wir darauf vielleicht folgendermaßen antworten können: Materie besitzt Masse, das Feld dagegen nicht. Das Feld reprä-

²² Ebenda, S. 161.

sentiert Energie, die Materie dagegen Masse. Wir wissen aber schon, daß eine solche Antwort im Lichte der inzwischen gewonnenen Erkenntnisse unzulänglich wäre. Die Relativitätstheorie hat uns gelehrt, daß die Materie als ungeheure Zusammenballung von Energie aufgefaßt werden kann, während die Energie andererseits auch materiellen Charakter hat. Auf diese Art können wir also keine Unterscheidung zwischen Materie und Feld treffen, da Masse und Energie eben in qualitativer Hinsicht gar nicht verschieden sind. Zwar ist bei weitem der größte Teil der Energie in der Materie konzentriert, doch besitzt das die Partikeln umgebende Feld ebenfalls Energie, wenn es sich dabei auch um ganz bedeutend geringere Mengen handelt. Wir könnten demgemäß sagen, Materie ist dort, wo sehr viel Energie konzentriert ist, ein Feld ist dort, wo wenig Energie ist. Wenn das aber stimmt, ist der Unterschied zwischen Materie und Feld eher quantitativer als qualitativer Natur. Es hat dann keinen Sinn mehr, Materie und Feld als zwei grundverschiedene Dinge zu betrachten, und wir dürfen auch nicht von einer klar definierbaren Oberfläche einer Scheidewand zwischen Feld und Materie sprechen.²³ Einstein hatte den Gedanken, den Materiebegriff einfach fallen zu lassen, wie er sagt, oder anders ausgedrückt, den Stoff ebenfalls auf das Feld zurückzuführen. Ihm ging es darum, eine reine Feldphysik zu entwickeln. Der Stoff existiert für ihn als Zusammenballung von Energie auf verhältnismäßig engem Raum. Dann könnte man auch die stofflichen Objekte als Regionen im Raum betrachten, in dem das Feld außerordentlich stark ist. Daraus ließe sich die Auffassung entwickeln, daß eine einheitliche Theorie der physikalischen Objekte eine Feldtheorie sein müßte. Solange Einstein lebte, hatte er versucht, eine solche einheitliche Feldtheorie zu entwickeln. Seine Versuche [61] sind gescheitert. Das bedeutet jedoch nicht, daß der allgemeine Gedanke, der dieser Auffassung zugrunde liegt, unbedingt falsch sein müßte. Es könnte so sein, daß nur die konkrete physikalische Konzeption, wie sie Einstein entwickelt hat, sich als falsch erweist, aber der philosophische Gedanke von einer einheitlichen Feldtheorie trotzdem tragfähig für andere physikalische Konzeptionen ist.

Durch die Entwicklung der Feldphysik wurde also die mechanisch-materialistische Konzeption in vielen wesentlichen Punkten kritisiert. Der eigentliche Schlag, den die physikalische Entwicklung dieser Auffassung versetzte, erfolgte jedoch erst im 20. Jahrhundert durch die Entwicklung der Quantentheorie. Die dieser Auffassung zugrunde liegenden Experimente bestehen in folgendem: Einerseits beweist der Photoeffekt den Wellen-Korpuskel-Dualismus, womit die Kontinuität der Strahlung widerlegt wird. Es zeigt sich, daß der Photoeffekt nur zu erklären ist, wenn man dem Licht Quantencharakter zuspricht. Eine zweite Gruppe von Experimenten wird beispielsweise durch den Comptoneffekt charakterisiert, der in den zwanziger Jahren entdeckt wurde. Es zeigte sich, daß bei der Streuung von Röntgenlicht an Elektronen das abgebeugte Licht nicht dieselbe Wellenlänge hat wie das eingestrahelte Licht. Das ist ein Beweis für den korpuskularen Charakter der Strahlung. Das Elektron nimmt einen Teil Energie und Impuls des Lichtquants auf, bei der Wiedergabe des Quants erhält das Elektron einen Rückstoß. Die durch andere Experimente zugleich bestätigte Beugung von Teilchenstrahlung, etwa beim Durchgang durch einen Spalt, führte dann de Broglie zu der Auffassung, daß ein durchgängiger Wellen-Korpuskel-Dualismus existiert, das heißt, daß alle materiellen Objekte sowohl korpuskularen als auch Wellencharakter besitzen. Führt man nun das bereits erwähnte Heisenbergsche Gedankenexperiment durch, nach dem Licht durch ein Mikroskop fällt, auf ein Elementarteilchen trifft und wieder zurück durch das Mikroskop geht, um uns Nachricht über den Ort des Elektrons zu geben, dann zeigt sich die Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation als wesentliches Gesetz des Elementarteilchenverhaltens. Diese Relation besagt, daß Ort und Impuls eines Teilchens nicht gleichzeitig existieren und damit nicht gleichzeitig scharf gemessen werden können, denn der Fehler von Ort und Impuls ist immer größer als das Plancksche Wirkungsquantum h . Das ergibt sich daraus, daß bei der Benutzung von

²³ Ebenda, S. 161 f.

langwelligem Licht die Beugung eine genaue Ortsmessung verhindert, während bei der Benutzung von kurzwelligem Licht der Comptoneffekt eine genaue Impulsmessung gestattet.

Die sich daraus ergebenden philosophischen Probleme bestehen in folgendem: Die Bewegung kann erstens nicht exakt erfaßt werden, wenn wir den klassischen Standpunkt zugrunde legen. Danach war es notwendig, Ort und Impuls eines Objekts zu einem bestimmten Zeitpunkt genau zu bestimmen, damit die Gleichungen der klassischen Physik angewandt werden können. Nach der Bestimmung von Ort und Impuls zu einem bestimmten Zeitpunkt war es möglich, den zukünftigen Zustand dieses Objekts genau vorauszusagen. Es ergibt sich also die Frage, welche Voraussagen sind jetzt noch möglich. Das zweite philosophische Problem bestand für die Erkenntnis der physikalischen Objekte. Es wurde die Frage gestellt, ob es eine prinzipielle Erkenntnisschranke gäbe. Diese Frage wird verständlich, wenn man den klassischen Maßstab an die Bewegung physikalischer Objekte anlegt. Danach sollten ja Ort und Impuls eines Teilchens gleichzeitig existieren. Die Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation weist jedoch darauf hin, daß Ort und Impuls nicht gleichzeitig existieren. Das könnte nun so interpretiert werden, als ob zwar objektiv Ort und Impuls gleichzeitig vorhanden seien, aber die menschliche Erkenntnis nicht in der Lage ist, diese beiden Parameter zu erkennen. Es wurde als Argument dafür angeführt, daß unsere Geräte, mit denen wir die mikroskopischen Objekte messen und untersuchen, so grob sind, daß eine unkontrollierbare Störung beim Meßprozeß selbst entsteht, wodurch die Erkenntnis der beiden Parameter unmöglich ist. Das dritte Problem betrifft die Struktur der Materie selbst. Wir hatten schon darauf hingewiesen, daß die Einführung des Feldbegriffs in die Erklärung der Bewegung physikalischer Objekte darauf hinwies, daß eine neue Materieart entdeckt wurde. Es bestanden nun Stoff und Strahlung, Feld und Teilchen nebeneinander. Die Problematik besteht darin, ob eine einheitliche Theorie der Materie existiert. Es wird also die Frage gestellt: Welchen Charakter haben die beiden Materiearten, und wie hängen sie miteinander zusammen? Es gab verschiedene Versuche, um diese Probleme zu lösen. Heben wir außer dem dialektisch-materialistischen Lösungsversuch noch zwei andere hervor.

Erstens wurde angenommen, daß das Teilchen sich außerhalb der Beobachtung klassisch verhält, während der Beobachtung gestört wird und dann wiederum klassisch sich weiterbewegt. Aus dieser Auffassung ergibt sich, daß die Voraussagen nur statistischer Natur sein können. Es ergibt sich weiterhin die Annahme einer prinzipiellen Erkenntnisschranke, die durch die Beobachtung hervorgerufen wird. Auf die letzte Frage wird geantwortet, daß die [63] Experimente das Entscheidende sind. Die Experimente schaffen die physikalischen Objekte. Sie erst bestimmen, ob es sich um Wellen oder um Korpuskeln handelt. Dieser Lösungsversuch war im wesentlichen Angelegenheit der Kopenhagener Deutung der Quantentheorie.

Ein zweiter Versuch, den man als mechanisch-materialistisch charakterisieren kann, besteht in der Annahme, daß das Teilchen einen bestimmten Ort und Impuls hat, die Theorie also unexakt ist. Danach sind Voraussagen über das Verhalten der Einzelteilchen möglich, und die Erkenntnisschranke, die durch die Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation aufgestellt wird, ist nur historischer Natur. Diese Auffassung wurde u. a. auch anfangs von Einstein vertreten. Während in der ersten Auffassung das statistische Element überschätzt und die Rolle des Beobachters philosophisch nicht richtig eingeschätzt wird, ist die zweite Auffassung mechanisch-materialistisch und für die Entwicklung der Physik nicht entscheidend. Ihre Rechtfertigung geschieht durch die Einführung „verborgener Parameter“, liefert jedoch keine neuen überprüfbaren physikalischen Erkenntnisse. Für das Subquantenniveau gelten wieder klassische Vorstellungen. Zwar vertreten heute noch einige Physiker diese Auffassung, aber sie hat wenig Aussicht auf Erfolg. Die Untersuchung des Subquantenniveaus ist selbstverständlich berechtigt, und Hypothesen über seine Struktur beanspruchen großes Interesse. Nur wird keine Rückkehr zu klassischen Strukturauffassungen erfolgen.

Der dialektische Materialismus löst dagegen die auftretende Problematik durch die Beachtung der dialektischen Beziehung zwischen Wesen und Erscheinung. Die Wechselwirkung bei der Beobachtung vermittelt uns einen Einblick in die objektive Wechselwirkung. Sie ist gewissermaßen der zu analysierende Stoff, der auf sein Wesen untersucht werden muß. In jeder Erscheinung, die wir uns mit Hilfe unserer Geräte selbst organisieren, tritt ein Moment des Wesens auf. Dieses Moment gilt es durch die theoretische Arbeit herauszuanalysieren und zum Bestandteil der Theorie zu machen. Die Wechselwirkung zwischen Beobachter und Objekt, vermittelt durch das Gerät, ist also Ausdruck der auch objektiv real vorhandenen Wechselwirkung zwischen Quant und Elementarteilchen. Es ist nicht unbedingt erforderlich, daß das Lichtquant, das mit dem Elementarteilchen wechselwirkt, durch ein gedachtes Mikroskop hindurchgeht, wie das im Heisenbergschen Gedankenexperiment der Fall ist. Die Wechselwirkung zwischen Quant und Elektron kann auch außerhalb eines solchen Mikroskops stattfinden. Wenn man im Ge-[64]dankenexperiment diese Wechselwirkung vermittelt durch das Gerät betrachtet, so kann in der Analyse von diesem Gerät abgesehen werden. Die Theorie liefert uns eine Widerspiegelung des objektiv realen Verhaltens der Elementarobjekte. Damit ist die Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation auch keine Schranke für unsere Erkenntnis, sondern ein objektives Naturgesetz. Wir sind bei der Erkenntnis des Wesens der Bewegung der Elementarteilchen tiefer in dieses Wesen eingedrungen, haben die Bewegung besser erkannt. Unsere klassische Bewegungsauffassung erwies sich als überholt. Es zeigte sich auch, daß die Charakteristik verschiedener Materiearten als Welle oder als Korpuskel nur innerhalb einer bestimmten Abstraktionsstufe unter bestimmten Bedingungen möglich ist. Unter Welle verstand man eine Erscheinung, die nicht gerichtet ist und die alle möglichen Geschwindigkeiten besitzen kann. Das Korpuskel dagegen ist lokalisierbar und besitzt eine gerichtete Bewegung, seine Höchstgeschwindigkeit ist die Lichtgeschwindigkeit. Die Ergebnisse der Physik zeigen nun, daß die physikalischen Objekte sowohl Wellen- als auch Korpuskeleigenschaften besitzen. Sie sind einheitliche Objekte mit Eigenschaften, die in der Abstraktion einander widersprechen. Diese einheitlichen Objekte sind nicht exakt lokalisierbar, sie besitzen in der Wechselwirkung auch keinen bestimmten Impuls, aber ihr gegenwärtiger Zustand bestimmt den zukünftigen Zustand mit. Zwar ist diese Bestimmung nicht mehr eindeutig, wie das in der klassischen Physik gefordert wurde, sondern nur noch statistisch. Die Gesetze der Quantenmechanik geben Wahrscheinlichkeitsvoraussagen für das Verhalten der einzelnen Objekte. Die Ursachen für dieses Verhalten sind in der objektiven Wechselwirkung zu suchen. Unter Wechselwirkung verstehen wir dabei das Einwirken verschiedener Objekte oder Teile eines Ganzen aufeinander, wobei die Veränderung des einen Objekts oder Teils durch die Gesamtheit der Einwirkungen der anderen Teile oder Objekte hervorgerufen wird. Zugleich kommen wir damit zu einer Präzisierung des Begriffs der Wechselwirkung. Wir unterscheiden die äußere zufällige Wechselwirkung, wie sie in der klassischen Physik bei der Betrachtung von Druck und Stoß beschrieben wurde, von der notwendigen Wechselwirkung mit der Umgebung, die bereits in der Feldtheorie betrachtet wurde. Dort hatten wir gesehen, daß der Körper mit einem anderen Körper nur mittels des Feldes wirken kann. Dazu kommt die notwendige innere Wechselwirkung, die die Struktur der Objekte oder eines Systems von Elementarteilchen bestimmt. Bestimmend für das Verhalten eines [65] Systems sind die inneren Beziehungen, da auch die äußeren Beziehungen nur über die inneren wirken können. Die Forschung kann dabei verschiedene Seiten in den Vordergrund stellen, was den Zusammenhang zwischen diesen verschiedenen Seiten der Wechselwirkung nicht aufhebt. Der objektive Zusammenhang ist nicht an eine Seite der Wechselwirkung gebunden, er besagt nur, daß es keinen materiellen Bereich gibt, der nicht durch materielle Prozesse mit einem anderen Bereich verbunden ist. Darauf ist noch einmal einzugehen.

Worin besteht die Präzisierung der Bewegungsauffassung? Bewegung ist nicht nur Orts- und Qualitätsänderung, sondern auch notwendige äußere und innere Wechselwirkung und Um-

wandlung der Elementarteilchen ineinander. Die Qualitätsänderung ist dabei nicht auf den Übergang von einer Bewegungsform zur anderen beschränkt, sondern vollzieht sich auch in der Physik. Die Bewegung erweist sich damit in tieferem Sinne als bei Engels als Daseinsweise der Materie, da Engels die Umwandlung der Teilchen ineinander noch nicht kennen konnte. Der Zusammenhang, der bei der Bewegung und Wechselwirkung auftritt, ist nicht mehr nur äußerlich. Er besteht nicht mehr in der äußeren Beziehung durch verschiedene Körper, sondern die Wechselwirkung der Körper wird durch das Feld vermittelt. Damit entsteht ein innerer Zusammenhang, die isolierte Individualität der Teilchen wird aufgehoben. Es wird also die These der Kopenhagener Deutung der Quantentheorie bestätigt, daß physikalische Objekte nicht mehr an sich existieren. Aber diese These besteht nicht nur darin, daß der Beobachter mit Hilfe des Geräts auf die Objekte bei der Erkenntnis einwirkt, sondern vor allem in der objektiven Wechselwirkung der Objekte untereinander.

Kommen wir nun noch einmal auf die Präzisierung der These vom objektiven Zusammenhang zurück. Die Ergebnisse der speziellen Relativitätstheorie weisen darauf hin, daß nicht alles mit allem gleichzeitig zusammenhängt. Einstein hatte den Begriff der Gleichzeitigkeit kritisiert. Es war also notwendig, die These vom Zusammenhang zu präzisieren. Wir hatten sie dahingehend formuliert: Es gibt keinen materiellen Bereich, der nicht durch materielle Prozesse mit anderen Bereichen verbunden ist. Diese Formulierung entspricht den Ergebnissen der speziellen Relativitätstheorie, da durch die Aufstellung des Lichtkegels nur noch bestimmte Prozesse aufeinander einwirken können. Auf ein physikalisches Objekt können nur solche Prozesse einwirken, die sich im Vergangenheitskegel [66] befinden, während das Objekt selbst nur auf solche Prozesse einwirken kann, die sich im Zukunftskegel befinden. Das hängt ab von der Höchstgeschwindigkeit, die in der speziellen Relativitätstheorie der Bewegung physikalischer Objekte zugrunde gelegt wird. Zugleich verweist das darauf, daß sich materielle Wirkungen nur mit Hilfe materieller Prozesse fortpflanzen können. Sicher wirft auch die spezielle Relativitätstheorie noch eine Reihe von Problemen auf. So ist das Gebiet der Wirkung exakt getrennt von dem Gebiet, in dem keine Wirkung möglich ist. Wenn jedoch davon ausgegangen wird, daß materielle Objekte strukturiert sind, dann sind sie nicht auf einen Punkt reduzierbar, sondern sie besitzen eine bestimmte Ausdehnung. Das bedeutet aber in der speziellen Relativitätstheorie, daß der Trennungsstrich, der durch den Lichtkegel gezogen wird, selbst verwischt sein muß, nicht exakt beide Gebiete voneinander trennen kann.

Für die Forschung bedeutet die Konstatierung des objektiven Zusammenhangs den Nachweis von der Abhängigkeit der Veränderung in einem Bereich von Veränderungen im anderen. Dazu ist es notwendig, die Prozesse zu untersuchen, die den Zusammenhang selbst konstituieren. Ein Beispiel dafür bildet die Untersuchung der Kernkräfte. Wenn Protonen und Neutronen aufeinander einwirken und zwischen ihnen bestimmte Kräfte existieren, so ist es notwendig, den Zusammenhang zwischen Protonen und Neutronen weiter zu erforschen. Es geht um die Untersuchung der Prozesse, die diesen Zusammenhang konstituieren. Es besteht zu diesem Zwecke eine Hypothese in der Physik, daß die Zusammenhänge zwischen Protonen und Neutronen durch Mesonen vermittelt werden, und zwar durch die sogenannten Pi-Mesonen oder Pionen. Jedes Proton und jedes Neutron ist von einer Wolke virtueller Pionen umgeben. Die Kräfte sind also durch die Pionen dargestellt, die bei der Wechselwirkung zwischen Protonen und Neutronen real ausgetauscht werden. Die inzwischen nachgewiesene Umwandlung der Neutronen in Protonen und umgekehrt mit Hilfe von Pionen bestätigt diese Hypothese über den inneren Mechanismus der Kernkräfte.

Mit der Entwicklung der modernen Physik wurde die Bewegungskonzeption der klassischen Physik kritisiert und durch eine umfassendere Bewegungskonzeption ersetzt. Zugleich hatte das Auswirkungen auf die Begriffe Bewegung, Wechselwirkung und Zusammenhang, die durch die Philosophie präzisiert werden mußten. Damit wird auch die Kritik Lenins durch die

Physik untermauert, die er [67] an der klassischen Bewegungskonzeption übte. In den „Philosophischen Heften“ schreibt er: „Bewegung ist das Befinden des Körpers im gegebenen Moment an einem bestimmten Ort und in einem anderen, darauffolgenden Moment an einem anderen Ort – das ist der Einwand, den Tschernow *allen* ‚metaphysischen‘ Gegnern Hegels nachspricht (...).

Dieser Einwand *stimmt nicht*: (1) er beschreibt das *Resultat* der Bewegung, nicht die Bewegung *selbst*; (2) er zeigt nicht, er enthält nicht die *Möglichkeit* der Bewegung; (3) er stellt die Bewegung als Summe, als Verbindung von Zuständen der *Ruhe* dar, d. h., der (dialektische) Widerspruch ist durch ihn nicht beseitigt, sondern nur verhüllt, beiseite geschoben, verdeckt, verhängt.“²⁴ Auch die moderne Physik versucht die Bewegung vom Resultat her zu erfassen. Sie möchte den Endzustand, den ein Teilchen etwa nach dem Durchgang durch einen Spalt auf einem Leuchtschirm erreicht, im Gesetz bestimmen. Aber zugleich wird die Möglichkeit der Bewegung berücksichtigt. Das Gesetz, das in der Quantentheorie das Verhalten der Quantenobjekte bestimmt, sagt etwas über die Übergangswahrscheinlichkeit von einem Zustand zum anderen aus. Damit wird auch der Zustand, den das Teilchen im Verlaufe seiner Bewegung erreicht, nur wahrscheinlichkeitstheoretisch erfaßt. Das Auftreffen eines Teilchens auf einem Schirm ist in bezug auf das Gesetz zufällig. Es wird jedoch dieser Zufall durch eine bestimmte Wahrscheinlichkeit bestimmt, die sich aus dem Gesetz ergibt. Damit ist in dieser Auffassung die Bahn keine Summe von Ruhepunkten mehr, eine solche Bahn für das Verhalten eines Elementarobjekts kann überhaupt nicht mehr beschrieben werden.

Die Kritik des Bahnbegriffs war einer der Ausgangspunkte für die Formulierung der Quantentheorie durch Heisenberg. Er war von dem von Bohr aufgestellten Korrespondenzprinzip ausgegangen, nach dem im Grenzfall hoher Quantenzahlen die klassische Theorie gelten sollte. Nach Bohr sollten die Intensitäten der emittierten Spektrallinien den Intensitäten der entsprechenden harmonischen Oberschwingungen der Bahnfrequenz ungefähr entsprechen. Das war wichtig für die Erfassung des Elektronenverhaltens. Man hatte festgestellt, daß die Frequenz der Bahnbewegung der Elektronen im Atom sich nicht als Frequenz der emittierten Strahlung zeigt. Das machte den Begriff der Elektronenbahn überhaupt problematisch. Er konnte jedoch bei großen Bahnen angenähert aufrechterhalten werden. Damit erhält man mit Hilfe der Intensitäten und Frequenzen der emittierten Strahlung doch ein Bild der Elektronenbahnen. Das bedeutet, daß die philosophische Kritik Lenins an der [68] klassischen Bewegungskonzeption einen physikalischen Inhalt erhielt, der in der modernen Physik speziell in der Quantentheorie begründet ist.

Kausalität und Gesetz

Die bisher geschilderte klassische Bewegungskonzeption und ihre dialektisch-materialistische Kritik hatte Auswirkungen auf die Entwicklung unserer Auffassung vom Determinismus als der Theorie des Zusammenhangs. Auf die Präzisierung der Begriffe Bewegung, Wechselwirkung und Zusammenhang hatten wir schon hingewiesen. Kernprobleme des Determinismus sind jedoch die Auffassungen zum Verhältnis von Kausalität und Gesetz. Aus der in der klassischen Bewegungskonzeption behaupteten eindeutigen Bestimmtheit des Bewegungsablaufs ergab sich für den Determinismus, daß alles auf qualitativ identische kleinste Teilchen und ihre quantitativen mechanischen Beziehungen reduzierbar ist. Die Teilchen bewegen sich entsprechend der klassischen Bewegungsauffassung. Wechselwirkung ist für sie nur äußere Störung des Ablaufs. Demgegenüber hatte nun die Quantentheorie speziell in der Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelation herausgearbeitet, daß Bewegung nicht eindeutig in ihrem Ablauf bestimmt ist. Auch die quantitativen Beziehungen der Objekte sind deshalb nicht eindeutig. Da-

²⁴ W. I. Lenin, Aus dem Philosophischen Nachlaß, Berlin 1949, S. 194. [LW 38, 245 f.]

mit wurde nicht nur die klassische Bewegungskonzeption, sondern auch die klassische Determinismusauffassung gestürzt. Wir hatten gesehen, daß die Kopenhagener Deutung der Quantentheorie versuchte, die objektive Bewegung zu leugnen und das Bewegungsproblem auf das Verhalten des Subjekts zum Objekt und die Veränderung des Objekts durch das Subjekt zurückzuführen. Gleichzeitig gab es in den Anfängen der philosophischen Diskussion von seiten der Kopenhagener Deutung den Vorschlag, die Überwindung des mechanischen Determinismus durch den Terminus „Indeterminismus“ zu charakterisieren. Damit war zwar die kritische Richtung zum mechanischen Determinismus angegeben, aber zugleich keine neue Determinismuskonzeption ausgearbeitet. Diese neue Konzeption lag jedoch in den statistischen Gesetzen und ihrer philosophischen Verallgemeinerung vor. Man mußte sich nur von der Auffassung der Kopenhagener Deutung trennen, als ob die Schwierigkeiten bei der Bestimmung von Ort und Impuls von den experimentellen Geräten allein hervorgebracht würden. Damit würde es sich nur um ein [69] Erkenntnisproblem handeln und die Erkenntnis durch die Untersuchung der Wechselwirkung zwischen Gerät und Objekt nicht zu Gesetzen der objektiv realen Bewegung kommen können. In der dialektisch-materialistischen Deutung der Ergebnisse der Quantentheorie wurde besonders der Widerspruch zwischen Kontinuität und Diskontinuität betrachtet, der in der Quantenmechanik als dialektischer Widerspruch zwischen Wellen- und Korpuskeleigenschaften auftritt. Die Wellenauffassung charakterisiert dabei die Möglichkeit der Wirkung, während die Korpuskelauffassung die diskrete Wirkung darstellt. Daraus ergibt sich zugleich ein Hinweis auf die Struktur der Elementarobjekte. Die Struktur der Objekte oder der Objektsysteme ist ja entscheidend für das Vorhandensein statistischer Gesetze, die nur noch Wahrscheinlichkeitsaussagen über das Verhalten der Einzelobjekte zulassen.

Unter dialektischem Determinismus verstehen wir die Anerkennung der Bestimmtheit und Bedingtheit der materiellen Prozesse im objektiven Gesamtzusammenhang. In der dialektisch-materialistischen Theorie des Zusammenhangs muß diese Bedingtheit und Bestimmtheit ausgearbeitet werden. Dazu gehören die Beziehungen zwischen Kausalität und Gesetz. Im allgemeinen wird unter Kausalität ein Ursache-Wirkungsverhältnis verstanden, während das Gesetz ein allgemein notwendiger und wesentlicher Zusammenhang ist. Die neuen Probleme, die durch die Entwicklung der modernen Physik für die deterministische Auffassung auftraten, bestanden vor allem in folgendem:

Erstens erwies sich der Zusammenhang qualitativ verschiedener Objekte auch in der Physik. Das ergab sich vor allem aus der Umwandlung der Elementarteilchen ineinander. Außerdem konnte zweitens von einer Hierarchie der Beziehungen gesprochen werden. Es war notwendig, die Formen des Zusammenhangs auszuarbeiten und besonders den objektiven Zufall anzuerkennen. Drittens war mit der Anerkennung der kausalen Bedingtheit der Dinge und Erscheinungen der Unterschied zwischen Kausalität und Gesetz verbunden. In der klassischen Auffassung waren Kausalität und Gesetz gleichbedeutend. Die Kausalität bestimmte die Abhängigkeit des zukünftigen Zustands vom gegenwärtigen, und das Gesetz beschrieb den Ablauf des Prozesses, eben diese eindeutige Abhängigkeit der Zustände voneinander. Dialektischer Determinismus verlangt die Anerkennung der Kausalität unter der Bedingung, daß die Kausalitätsauffassung neu präzisiert wird und die Formen des Zusammenhangs untersucht werden. Insofern ist mit der Entwicklung [70] der modernen Physik auch die Präzisierung der Determinismusauffassung im dialektischen Materialismus verbunden. Jeder Prozeß und jedes Ereignis sind kausal bedingt. Damit sagen wir nicht mehr aus, als daß es für ihre Existenz keiner übernatürlichen Ursachen bedarf. Jedes Ereignis ist Ausdruck materieller Wechselwirkungen. Diese Wechselwirkung wird durch die Grundform des Zusammenhangs, eben die Kausalität oder die Ursache-Wirkungs-Relation, vermittelt. Kausalität ist die direkte, konkrete und fundamentale Vermittlung des Zusammenhangs zwischen Erscheinungen und Prozessen, wobei die Prozesse (Ursachen) andere (Wirkungen) hervorbringen. Mit dem Wirken der

Ursache beginnt sich auch schon die Wirkung durchzusetzen. Im Gegensatz zu den in der Kausalität erfaßten direkten, konkreten und relativ elementaren Zusammenhängen spiegelt die Kategorie des Gesetzes einen allgemein-notwendigen und wesentlichen Zusammenhang wider, der uns Voraussagen über die Zukunft gestattet, da aus dem konkreten Kausalzusammenhang das Einmalige ausgesondert und das Reproduzierbare hervorgehoben wird. Deshalb unterscheiden wir Kausalität und Gesetz voneinander. In der Hierarchie der Beziehungen stellen sie die beiden Pole für den Erkenntnisprozeß dar. Kausalität ist die Grundform des Zusammenhangs. Jedes Ereignis ist ein Komplex von Kausalbeziehungen, wobei es für jedes System relativ-elementare Beziehungen gibt. In der Erkenntnis analysieren wir solche Komplexe von Kausalbeziehungen, ohne sie je auf eine einfache Summe einzelner Beziehungen reduzieren zu können. Aber in jedem Ereignis gibt es allgemein-notwendige und wesentliche Beziehungen, die der Wissenschaftler durch sorgfältige Analyse finden muß. Insofern ist das Gesetz das Ergebnis des Erkenntnisprozesses, das uns hilft, unsere Handlungen unter Ausnutzung unserer Erkenntnisse bewußt auf die gesetzmäßige Veränderung der Natur und Gesellschaft zu orientieren. Kausalität ist damit die Grundlage für die Existenz der Gesetze, für ihr kompliziertes Zusammenwirken in einem konkreten Ereignis, aber auch für die Veränderung der Gesetze und die Entdeckung neuer Gesetze. Uns interessiert vor allem das Verhältnis von Kausalität und Gesetz und die Vermittlung zwischen diesen beiden Polen, die durch die verschiedenen Formen des Zusammenhangs geschieht.

Das wesentliche Ergebnis in bezug auf die Formen des Zusammenhangs, das der Erkenntnisfortschritt der modernen Physik mit sich brachte, war die Anerkennung des objektiven Zufalls. Das Auftreffen eines Einzelteilchens nach dem Durchgang durch einen Spalt [71] auf einem Leuchtschirm ist zufällig, es kann nicht mit Hilfe der Gesetze der Quantentheorie eindeutig vorhergesagt werden. Aus dieser nicht eindeutigen Vorhersagbarkeit schlossen einige Physiker auf das Nichtvorhandensein der Determiniertheit dieser Einzelobjekte. Dem liegt die klassische Auffassung von der Kausalität zugrunde, die Kausalität mit Gesetz gleichsetzt, wobei dieses Gesetz den Ablauf des Prozesses beschreibt und im Gesetz nur eine Möglichkeit enthalten ist, die notwendig verwirklicht werden muß. Solche Gesetze gibt es in der Quantentheorie nicht. Die Bahn des einzelnen Objekts wird nicht eindeutig vorherbestimmt. Die Abweichungen von der Bahn sind zufällig, aber auch das Auftreffen auf dem Schirm ist zufällig. Dabei verstehen wir unter Zufall eine Seite, einen Aspekt des Vorgangs, der nicht durch die wesentlichen inneren Bedingungen hervorgebracht wird. In diesem Sinne ist der Zufall auch Erscheinungsform der Notwendigkeit, auf Grund des objektiven Zusammenhangs.

Vertritt man nun auch gegenüber den komplizierten Zusammenhängen zwischen physikalischen Objekten die klassische Determinismusauffassung, dann wäre die Erkenntnis der Prozesse unmöglich. Denn wäre es für die Erkenntnis eines bestimmten Objekts oder eines bestimmten Prozesses unbedingt erforderlich, alle damit verbundenen Wechselwirkungen in Kausalbeziehungen aufzulösen, um das Wesen des Prozesses zu erkennen, so wären unserer Erkenntnis unüberwindbare Schranken gesetzt. Es kommt aber auf die wesentlichen Kausalbeziehungen an oder, besser gesagt, auf die Aufdeckung der allgemein-notwendigen und wesentlichen Zusammenhänge in einem System, auf die Aufdeckung der Gesetze.

Mit der Begründung der Quantenmechanik wurde eine Tendenz der Wissenschaftsentwicklung deutlich, die heute immer mehr hervortritt. Es ist der Übergang von der einfachen Kausalbetrachtung zur Untersuchung vielfältiger Gesetzestypen. Die Auffassung, daß die Welt aus isolierten Kausalreihen aufgebaut sei, die man einzeln erkennen könnte, hatte schon vor dem 20. Jahrhundert viele Gegner in den Reihen der Wissenschaftler, die sich nicht mit Physik, sondern mit Biologie, Psychologie, gesellschaftlichen Problemen usw. befaßten. Philosophisch war der mechanische Determinismus durch Marx und Engels schon widerlegt worden. Sie hatten die Übereinstimmung des dialektischen Determinismus mit den Ergebnissen der

Wissenschaften nachgewiesen. Schwerwiegend war der Schlag, den die Physik des 20. Jahrhunderts gegen den mechanischen Determinismus führte. Galt doch die Physik bis zum Anfang des 20. Jahr-[72]hunderts für viele Wissenschaftler als das Ideal einer wissenschaftlichen Theorie. Bei der Bestimmung des Anfangszustandes eines physikalischen Körpers durch die gleichzeitige Angabe von Ort und Impuls konnte mit Hilfe der Differentialgleichungen der klassischen Mechanik jeder zukünftige Zustand exakt berechnet werden. Daraus konnte man folgendes vereinfachte Weltbild konstruieren: Alles kann auf die Ortsveränderung qualitativ identischer kleinster Teilchen zurückgeführt werden. Die Bewegung dieser Teilchen ist vorausbestimmt und kann mit Hilfe der klassischen Mechanik erfaßt werden. So wäre ein Dämon, wie Laplace meinte, der alle Orte und Impulse zu einem bestimmten Zeitpunkt kennen würde und in der Lage wäre, die Differentialgleichungen zu lösen, fähig, alle zukünftigen Ereignisse exakt vorauszusagen.

Der Hauptangriff der Vertreter der Kopenhagener Deutung und vieler anderer Physiker richtete sich nun gegen diese mechanisch-materialistische Determinismusauffassung. Dieses Bild, auf den Menschen übertragen, ließ die Lösung des Freiheitsproblems nicht mehr zu. Der Mensch war danach ein Automat, der mit der Regelmäßigkeit eines Uhrwerks die vorgeschriebenen Aktionen vollführt. Man kann sich deshalb das Aufatmen mancher Denker vorstellen, mit dem sie die Behauptung der Quantenphysiker begrüßten, die Kausalität gelte im physikalischen Bereich nicht uneingeschränkt. So meinte Max Born: „Vom Standpunkt der Mechanik aus ist die Welt ein von Anbeginn an determinierter Automat ohne jegliche Freiheit. Ich bin niemals ein Freund dieses extremen Determinismus gewesen und bin froh, daß sich die moderne Physik von ihm gelöst hat. Aber nicht jeder ist dieser Meinung.“²⁵

Der rationale Kern der Kopenhagener Deutung der Quantentheorie bestand in bezug auf das Verhältnis von Kausalität und Physik vor allem in der Anerkennung der Rolle der Statistik als wesentliche Erkenntnismethode, die nicht lediglich ein Aushilfsmittel für prinzipiell erkennbare andere Zusammenhänge ist. Außerdem ist es die Anerkennung des objektiven Zufalls, der nicht in eine Reihe von Kausalverbindungen aufgelöst werden kann. Der Zerfall eines Uranatoms, das Auftreffen eines Teilchens auf einen bestimmten Ort des Leuchtschirms nach dem Durchgang durch einen Spalt usw. sind objektive Zufälle, die in Gesetzen erfaßt werden, die das wahrscheinliche Verhalten des Einzelobjekts beschreiben. Im Vordergrund stand jedoch die Ablehnung des klassischen Determinismus als einer verabsolutierten philosophischen Verallgemeinerung der Ergebnisse der klassischen Mechanik. Es war vor [73] allem Max Born, der den Gedanken weiter verfolgte, daß die klassische Mechanik selbst nicht in diesem Sinne deterministisch sein könne, wie es in der Formulierung zum Ausdruck komme, der Endzustand müsse eindeutig aus dem Anfangszustand hervorgehen. Born stellt sich die Frage, ob die klassische Mechanik wirklich unter allen Umständen Vorherbestimmung erlaubt. Es zeigt sich, daß die Determiniertheit in der klassischen Physik eine Idealforderung ist, die zuträfe, wenn statt des betrachteten Körpers ein nicht ausgedehnter Massenpunkt, statt des Flecks ein Punkt, statt des Streifens eine Linie usw. vorhanden wären. Aber unsere klassischen Begriffe sind Abstraktionen von den wirklichen Körpern. Der objektive Zusammenhang wird vereinfacht. An die Stelle von Wahrscheinlichkeitsaussagen die an Gewißheit grenzen, werden Aussagen mit Gewißheit gesetzt. Das Neue an der Quantenmechanik besteht jedoch darin, daß dieser Grenzübergang nicht mehr durchgeführt werden kann. Die statistischen Aussagen sind nicht mehr nur ein Hilfsmittel für die Erkenntnis, um solche objektiven Prozesse zu erfassen, die prinzipiell auch im Sinne des klassischen Determinismus erfaßbar wären. Die Orientierung der modernen Wissenschaft geht nun, wie das auch im dialektischen Determinismus zum Ausdruck gebracht wird, nicht auf die Aufdeckung aller Kausalbezie-

²⁵ M. Born, Physik im Wandel unserer Zeit, Braunschweig 1958, S. 47.

lungen eines Objekts, sondern auf die Objekte, die in ihrer Veränderung und in ihrem inneren Zusammenhang begriffen werden müssen. Wir jagen mit unseren Forschungen der Kausalität immer hinterher, ohne sie voll erfassen zu können. Haben wir ein System erkannt und sei es bis zu den bisher bekannten kleinsten Objekten, so kennen wir die Systemgesetze, aber die Kausalität verlangt von uns, weiter zu forschen. Wir können entweder ein noch elementareres Niveau von Materiestrukturen entdecken oder neue Beziehungen finden, wie es etwa mit der Entdeckung der Antiteilchen geschah. Deshalb ist es für die marxistische Philosophie unbedingt erforderlich, das Verhältnis von Gesetz und Zufall und die verschiedenen Typen von Gesetzen, die sich in der wissenschaftlichen Forschung herausgebildet haben, genauer zu analysieren. Nachdem zuerst die Rolle des Zufalls im physikalischen Denken untersucht wird, soll die Diskussion um Gesetzestypen betrachtet werden. Es geht dabei um die Beziehung zwischen dynamischen und statistischen Gesetzen, die in den philosophischen Diskussionen um die Quantentheorie eine große Bedeutung hatte. [74]

Gesetz und Zufall

Wenn Gesetze allgemein-notwendige und wesentliche Zusammenhänge von Objekten und Prozessen sind und die Kausalität die Grundform des objektiven Zusammenhangs, dann taucht die Frage auf, was unter objektiven Zufällen zu verstehen ist und welche Beziehung zwischen Gesetzen und Zufällen existiert. Ist der Zufall als Form des objektiven Zusammenhangs kausal bedingt oder nicht? Das ist eine Frage, die im Zusammenhang mit den Ergebnissen der Quantenmechanik immer wieder diskutiert wird. Ist der Zufall nicht kausal bedingt, dann kann der Indeterminismus triumphieren, der ursachelose Vorgänge annimmt, also die Existenz von Wundern behauptet. Wenn der Physiker vom Indeterminismus spricht, meint er aber meist nicht diese philosophische Auffassung, sondern betont, daß die Existenz objektiver Zufälle anerkannt werden soll. Ist der Zufall kausal bedingt, dann kann das mit der Forderung einer kausalen Ergänzung der Quantenmechanik durch Theorien verborgener Parameter verbunden werden, wenn die mechanisch-deterministische Kausalauffassung zu Grunde gelegt wird. Es ist deshalb wichtig, nicht nur den Unterschied zwischen Kausalität und Gesetz zu beachten, sondern auch die dialektisch-materialistische Kritik an der klassischen Kausalitätsauffassung, nach der eine bestimmte Ursache notwendig eine bestimmte Wirkung hervorbringt, zu berücksichtigen. Erst dadurch wird es möglich, die Frage nach der Bedingtheit und Bestimmtheit des Zufalls zu beantworten.

Heisenberg diskutiert dieses Problem im Zusammenhang mit der Kausalitätsauffassung von Kant, für den Kausalität eine Denknötwendigkeit ist, nach der einem Ergebnis ein anderes vorausgehen muß, auf das es nach einer Regel folgt. Heisenberg meint nun, daß in der Atomphysik, wenn die Emission von Teilchen durch Radiumatome untersucht wird, nicht mehr der vorausgehende Vorgang für die Emission eines Teilchens angegeben werden kann, sondern nur noch die Halbwertszeit für den Zerfall der Atome. Die wissenschaftliche Methode hat sich in der Zeit nach Kant durch die Entwicklung der Physik geändert. Auf die Frage, warum das so ist, sind nach Heisenberg zwei Antworten möglich. Die erste Antwort, die er gibt, lautet: „Wir sind durch die Erfahrungen, durch die Experimente zu der Überzeugung gekommen, daß die Gesetze der Quantentheorie richtig sind; und wenn sie es sind, so wissen wir, daß es keinen vorausgehenden Vorgang gibt, aus [75] dem die Emission zu einer bestimmten Zeit zwangsläufig folgen müßte.“²⁶ Damit wird die Beziehung zwischen objektivem Zufall, nämlich der Emission eines Teilchens und dem Gesetz, eben der Halbwertszeit des Zerfalls, hergestellt. Im Gesetz ist nicht die eigentlich hervorbringende Ursache enthalten. Die zweite mögliche Antwort ist nach Heisenberg die folgende: „Wir kennen den vorausgehenden Vor-

²⁶ W. Heisenberg, Physik und Philosophie, Berlin (West) 1959, S. 68.

gang, aber wir kennen ihn nicht genau. Wir kennen ja die Kräfte im Atomkern, die für die Aussendung des α -Teilchens verantwortlich sind, aber diese Kenntnis enthält die Unbestimmtheit, die von der Wechselwirkung des Atomkerns mit der übrigen Welt herrührt. Wenn wir den Grund dafür wissen wollen, warum das α -Teilchen eben in diesem Augenblick emittiert wurde, so müßten wir dazu den mikroskopischen Zustand der ganzen Welt, zu der auch wir selbst gehören, kennen, und das ist sicher unmöglich.“²⁷ Diese Antwort bezieht sich auf das Verhältnis von Zufall und Kausalität. Der dialektische Materialismus hebt die Uerschöpflichkeit der Objekte, Prozesse und Beziehungen in der materiellen Einheit der Welt hervor. Sie werden vom Menschen nicht in allen ihren Aspekten, unwesentlichen Seiten usw. untersucht, weil sonst nur die nicht zu erfüllende Forderung nach einer Beschreibung individueller Sachverhalte herauskäme und keine wissenschaftliche Erkenntnis des Wesens, der Gesetze der Naturvorgänge. Die Forderung nach Beschreibung aller Zusammenhänge würde die Wissenschaft desorientieren. Wie Lenin bei der Darlegung von Elementen der Dialektik betonte, existiert das Einzelne im Zusammenhang, der zum Allgemeinen führt. Eben dieses objektiv existierende Allgemeine wird von uns in unseren Theorien widergespiegelt. Schon Engels meinte, man würde die Wissenschaft zur Spielerei verdammen, wenn man sie Zwänge, etwa alle Ursachen dafür aufzusuchen, warum in einer Erbsenschote gerade fünf und nicht sechs Erbsen sind. Es geht also in der Wissenschaft nicht um die Beschreibung aller existierenden Vorgänge und ihrer konkreten Ursachen, sondern um die Aufdeckung der Gesetze und um wesentliche Ursachen für bestimmte Vorgänge. Insofern hat Heisenberg mit seiner Feststellung recht, daß es unmöglich wäre, den mikroskopischen Zustand des unendlichen Universums genau zu erkennen. Das wäre die undialektische und der Erfahrung widersprechende Forderung nach endgültiger Erkenntnis der absoluten Wahrheit über das unendliche Universum und seine Entwicklungen.

Der Zufall ist eine objektive Beziehung zwischen verschiedenen [76] Ereignissen, die ihren Grund nicht in den wesentlichen inneren Bedingungen der Ereignisse hat. Seiten von Ereignissen sind dann zufällig, wenn sie nicht durch die wesentlichen inneren Bedingungen des Ereignisses bestimmt sind und nicht allgemein-notwendig auftreten. Damit grenzen wir die Zufälle von den Gesetzen ab, betrachten sie aber als Formen des objektiven Zusammenhangs. Das bedeutet, daß es keiner übernatürlichen Ursachen zur Erklärung der Zufälle bedarf, sondern sie sich im unendlich komplizierten objektiven Zusammenhang begründen. Zufälle sind also nur insofern kausal bedingt, als sie in einem Komplex von Kausalbeziehungen existieren, worunter die konkrete Vermittlung des objektiven Zusammenhangs verstanden wird. Es existiert keine bestimmte, definierte Ursache, die den Zufall reproduzierbar hervorbringt. Ist ein Ereignis durch eine bestimmte Ursache reproduzierbar hervorzubringen, so ist es möglich, das Gesetz für die Existenz dieses Ereignisses zu formulieren, und es wäre kein Zufall mehr.

In der Geschichte der Naturauffassungen wurde die Existenz des Zufalls schon von Epikur anerkannt, was Lukrez in seinem philosophischen Lehrgedicht „Über die Natur der Dinge“ (1. Jh. u. Z.), in dem er die Auffassungen von Epikur darlegt, so beschreibt: „Dabei sollst du auch das, so wünsche ich, kennenlernen, daß die Körper, wenn sie durch das Leere gerade abwärts getragen werden, durch ihr eigenes Gewicht zu ganz ungewisser Zeit und an unbestimmtem Ort ein klein wenig von ihrer Bahn abweichen, gerade so viel, daß du vom Wechsel ihrer Bahn sprechen könntest. Wären sie nicht gewohnt abzuweichen, würden alle wie die Regentropfen abwärts fallen durch das tiefe Leere, und es könnte kein Zusammenstoß entstehen und kein Stoß für den Urkörper; so hätte die Natur nie etwas geschaffen.“²⁸ Der Zufall, oder das zufällige Abweichen der Atome von ihrer Bahn, wird durch Lukrez mit der Wechselwirkung

²⁷ Ebenda, S. 69.

²⁸ Lukrez, Über die Natur der Dinge, Berlin 1972, S. 109.

in Verbindung gebracht, die nach ihm das Entstehen von etwas Neuem erst ermöglicht. Ohne Wechselwirkung könnte die Natur nichts schaffen, gäbe es keinen Anfang der Bewegung. Lukrez argumentiert auch für den Zufall mit der Existenz des freien Willens. Er schreibt: „Schließlich, wenn immer jede Bewegung verknüpft ist und aus der alten Bewegung immer wieder die neue in bestimmter Ordnung entsteht und die Urkörper nicht durch Abbiegen vom Wege einen Anfang der Bewegung machen, der die Gesetze des Fatums bräche, daß nicht Ursache auf Ursache folge seit unendlicher Zeit, woher kommt dann den lebenden Wesen über die ganze Welt hin, woher kommt, [77] frage ich, dieser freie, vom Fatum losgerissene Wille, durch den wir uns vorwärts bewegen, wohin einen jeden die eigene Lust führt, und weder zu bestimmter Zeit noch in bestimmter Richtung des Raumes die Bewegung abbiegen, sondern wohin uns gerade der Sinn trägt?“²⁹ Im Mittelalter wurde der Zufall meist der Notwendigkeit entgegengesetzt, als etwas, das zwar möglich ist, aber nicht notwendig eintreten muß. Auch wurde er mit übernatürlichen Prinzipien verbunden und zum ursachelosen Wunder erklärt. Von vielen katholischen Philosophen wurden Wunder Gott zugeschrieben und als Schicksal erklärt. Die Entwicklung der Physik als Wissenschaft führte zu einer neuen Auffassung des Zufalls. Er wurde als das angesehen, was aus der wissenschaftlichen Betrachtung zu eliminieren ist. Der Zufall sollte in seiner Notwendigkeit erkannt werden.

Aufbauend auf den dialektischen Ideen von Hegel zum Verhältnis von Notwendigkeit und Zufall, kritisierte Engels den mechanischen Determinismus, wies die Objektivität des Zufalls nach und faßte ihn als Erscheinungsform der Notwendigkeit. Damit wurde zugleich gezeigt, daß die klassische Physik zwar mit dem mechanischen Determinismus vereinbar ist, dieser aber eine philosophische Verabsolutierung wesentlicher Idealisierungen der klassischen Physik ist, was zu philosophischen Schwierigkeiten bei der weiteren Entwicklung der Wissenschaft führen mußte. Nach Engels waren die Gesetze der klassischen Physik allgemein-notwendige und wesentliche Zusammenhänge, die eine Möglichkeit für physikalische Prozesse enthalten, die notwendig verwirklicht wird. Zufälle sind Erscheinungsformen dieser Gesetze.

Die Ergebnisse der philosophischen Diskussion zur Quantenmechanik zeigten, daß der Zufall objektiv existiert und nicht auf die Notwendigkeit reduziert werden kann. Sollten die statistischen Größen in der Physik des 19. Jahrhunderts noch so gedeutet werden können, als ob die Bahn der Einzelteilchen genau verfolgt werden könnte, so zeigte die Quantenmechanik die Bedeutung statistischer Gesetze als der Systemgesetze physikalischen Verhaltens. Sie vermittelte neue Einsichten in die Dialektik von System und Element und Zwang dazu, die philosophische Gesetzesauffassung neu zu präzisieren. Daraus entwickelte sich eine lange Diskussion um das Verhältnis von dynamischen und statistischen Gesetzen. [78]

Das Verhältnis von dynamischen und statistischen Gesetzen

Hier geht es um die philosophischen Beziehungen zwischen dynamischen und statistischen Gesetzen. Ein dynamisches Gesetz läßt sich als die Erfassung einer Möglichkeit, die notwendig verwirklicht werden muß, bestimmen. Ein statistisches Gesetz erfaßt hingegen eine Skala von Möglichkeiten für das Verhalten von Elementen in einem System. Jedes dieser Elemente muß eine der Möglichkeiten verwirklichen. Welche es verwirklicht, ist in bezug auf das Gesetz zufällig. Aus dem Gesetz ergibt sich jedoch eine bestimmte Wahrscheinlichkeit für das zufällige Verwirklichen einer dieser Möglichkeiten. Man kann diese in der Physik wichtigen quantitativen bestimmten statistischen Gesetze von den qualitativ bestimmten, und den potentiellen statistischen Gesetzen unterscheiden.

Max Born versuchte einmal eine neue Situation, die durch die statistische Deutung der Quantenmechanik für eine Typologie von Gesetzen entstanden ist, durch folgendes Beispiel zu

²⁹ Ebenda, S. 111.

verdeutlichen: „Hätte Geßler dem Tell befohlen, ein Wasserstoffatom mit Hilfe eines Alphateilchens von seines Knaben Haupt zu schießen, und hätte er ihm statt der Armbrust die besten Laboratoriumsinstrumente der Welt gegeben, Tells Kunst hätte ihm nichts genützt, Treffer oder Nichttreffer wäre Zufall geblieben. Die Unmöglichkeit, alle Daten exakt zu messen, verhindert die Vorherbestimmung des weiteren Ablaufs.“³⁰ Für die von Born charakterisierte Aufgabe existiert kein dynamisches Gesetz. Das Auftreffen eines Alphateilchens auf einem Wasserstoffatom ist einem statistischen Gesetz unterworfen. Die Forderung, ein dynamisches Gesetz zu finden, könnte nur vom mechanisch-deterministischen Standpunkt aus aufgestellt werden. Für das Verhalten der Elementarobjekte gelten die statistischen Gesetze, die uns eine Voraussage über die Wahrscheinlichkeit gestatten, mit der ein Alphateilchen auf dem Wasserstoffatom auftrifft.

Untersuchen wir diesen Fall noch etwas näher. Die Voraussetzung, die wir für jede Erkenntnis machen und die durch unsere wissenschaftlichen Erfolge sich als berechtigt erwies, ist die Annahme, daß relativ isolierte, stabile Systeme existieren, deren innere und äußere Beziehungen betrachtet werden können. Ohne diese Voraussetzung wäre wissenschaftliche Erkenntnis unmöglich. Würden keine relativ isolierten Systeme existieren, dann wäre eine Untersuchung der Elementarteilchen unmöglich. Dann dürfte auch nicht [79] von den äußeren Beziehungen abstrahiert werden, da die Unterscheidung zwischen inneren und äußeren Beziehungen an die Existenz von Systemen gebunden ist und es ohne relativ stabile Systeme keine äußeren Einwirkungen gäbe. Das tun wir aber gerade, wenn wir das Atom erforschen. Es sind die Gesetze zu finden, die innerhalb des Atoms den Übergang des einen Elektrons von einer Bahn auf die andere bestimmen.

Man käme bei einer gedanklichen Konstruktion der Beziehungen ohne Systeme zu einer in sich verflochtenen Gesamtheit von Wechselwirkungen, aus denen keine hervorgehoben werden könnte. Damit würde etwa die Erkenntnis des Neutrons die vollständige Erfassung aller Beziehungen im unendlichen Weltall voraussetzen. Oder anders ausgedrückt, die Erforschung eines Neutrons wäre zugleich eine Untersuchung aller vergangenen, gegenwärtigen und zukünftigen Wechselwirkungen überhaupt. Eine solche gedankliche Konstruktion würde dem mechanischen Determinismus entsprechen, der alle Zusammenhänge für notwendig erklärte und damit die für die Wissenschaft wichtige Abstraktion von unwesentlichen Zusammenhängen nicht in die theoretische Untersuchung einbezog. Das schließt nicht die heuristische Bedeutung physikalischer Ansätze aus, die das Verhältnis von Kosmologie und Elementarteilchenphysik zum Gegenstand haben, worauf noch einzugehen ist.

Objektiv existieren jedoch in der Gesamtheit aller Wechselwirkungen relativ isolierte Systeme, wie der Atomkern, das Atom, Moleküle, makroskopische Körper usw. Jedes dieser Systeme besitzt eine relative Eigengesetzlichkeit, die es aus der Gesamtheit der inneren Beziehungen heraus zu analysieren gilt, wobei als wesentliches Moment bei der Determinierung die Wechselbeziehungen zwischen inneren und äußeren Faktoren eines Systems nicht vernachlässigt werden dürfen. Die äußeren wirken jedoch nicht unmittelbar auf alle Elemente des Systems ein, sondern sie werden durch die Systembeziehung vermittelt. Deshalb müssen von uns auch die dialektischen Beziehungen zwischen verschiedenen Systemen betrachtet werden. Die universelle Wechselwirkung kann also nicht als eine Gesamtheit gleichberechtigter Beziehungen angesehen werden, die es in Kausalbeziehungen zu zerlegen gilt. Es gibt eine Hierarchie von Beziehungen, die vom dialektischen Determinismus untersucht werden muß. Zum Beispiel gilt das Neutron im Atomkern als Repräsentant für alle Neutronen unter denselben wesentlichen Bedingungen. Das Experiment soll gerade das reproduzierbare Verhalten des Neutrons, also seine allgemein-notwendigen [80] Beziehungen hervorheben. Alle Elemente, die

³⁰ M. Born, Physik im Wandel unserer Zeit, a. a. O., S. 34.

den Charakter der Einmaligkeit besitzen und die in einer vollständigen Beschreibung eines einzelnen Experiments enthalten sein müßten, werden vom Experimentator als unwesentlich beiseite gelassen. Bei der Analyse des Experiments einer Kernzertrümmerung interessiert, welche Bestandteile nach der Zertrümmerung feststellbar sind, weil wir auf diese Weise zu den Gesetzen der Kernzertrümmerung gelangen. Alles, was zur Erkenntnis der Gesetze wesentlich ist, muß beobachtet werden. So wie wir nun vorher von den systemäußeren Beziehungen abstrahiert hatten, müssen wir bei der Untersuchung der systemeigenen Zusammenhänge von unwesentlichen Beziehungen absehen, eventuell zufällige Schmutzeffekte im Experiment beseitigen, um die wesentlichen reproduzierbaren Zusammenhänge in völliger Reinheit zu erhalten. Dabei betrachten wir die Elemente des zu untersuchenden Systems als wesentlich unveränderlich und vernachlässigten die möglicherweise existierende Struktur der Elemente.

Das Verhältnis von dynamischen und statistischen Gesetzen liefert nun eine Beziehung zwischen Elementen und Systemen. Es sei noch einmal an das Beispiel erinnert, das das Verhalten eines Teilchenstrahls nach dem Durchgang durch einen Spalt beschreibt. Nach dem Durchgang durch den Spalt treffen die Teilchen auf einen Leuchtschirm auf. Das quantenmechanische Gesetz vermittelt nun Wissen über die Intensitätsverteilung der Teilchen nach dem Durchgang durch den Spalt bei ihrem Auftreffen auf dem Leuchtschirm. Dabei können die Teilchen miteinander oder einzeln nacheinander durch einen schmalen Spalt gehen und gebeugt werden. An der Intensitätsverteilung ändert sich nichts. Jedes einzelne Teilchen trifft dabei jedoch zufällig auf einem bestimmten Ort auf. Das Neue an den statistischen Aussagen der modernen Physik besteht darin, daß dieser Zufall ebenfalls im Gesetz enthalten ist und Voraussagen darüber möglich sind. Er kann zwar nicht eindeutig vorherbestimmt werden, aber aus der notwendigen Verteilung ergibt sich für den Einzelfall eine Wahrscheinlichkeit, die im Gesetz ausgedrückt werden kann. So enthält das statistische Gesetz eine allgemein notwendige und wesentliche Beziehung über das Verhalten einer Gesamtheit von Objekten und eine Wahrscheinlichkeitsaussage für den Einzelfall. Das statistische Gesetz liefert also Aussagen über die Beziehungen der Elemente eines Systems. Das Systemgesetz ist das genannte statistische Gesetz. Die Wahrscheinlichkeitsaussagen betreffen das Verhalten der Elemente dieses Systems.

[81] Die mechanisch-deterministische Auffassung über das Verhältnis von dynamischen und statistischen Gesetzen bestand in der möglichen und notwendigen Rückführung der statistischen auf die dynamischen Gesetze. Damit wurden ein System und seine Beziehungen nicht als etwas relativ Selbständiges betrachtet, sondern nur als Summe der Elemente des Systems. Der Zusammenhang wurde vereinfacht, und die große Bedeutung der statistischen Gesetze konnte nicht ausgearbeitet werden. Sie wurden nur als Hilfsmittel zur Beschreibung von Gesamtheiten betrachtet, wobei die Elemente der Gesamtheit auch durch die dynamischen Gesetze erfaßt werden könnten. Die moderne Physik zeigte, daß diese Auffassung der Kompliziertheit des objektiven Zusammenhangs nicht gerecht wird und die wirklichen Beziehungen zwischen System und Element ausgearbeitet werden müssen. Aus den Systemgesetzen ergibt sich dabei der gesetzmäßige Rahmen für das Verhalten der Elemente, die sich unterschiedlich verhalten und eine der gegebenen Möglichkeiten zufällig verwirklichen.

Die Beziehung zwischen dynamischen und statistischen Gesetzen ist nicht allein mit der Analyse des Verhältnisses von Notwendigkeit und Zufall verbunden. Man muß das Verhältnis von Möglichkeit und Wirklichkeit ebenfalls in die Betrachtung einbeziehen. Das statistische Gesetz verbindet ja den gegenwärtigen Zustand eines Systems mit dem zukünftigen dadurch, daß es eine Skala von Möglichkeiten für die zukünftigen Zustände des Systems angibt. Damit wird auch das Verhalten der einzelnen Elemente im Gesetz mit erfaßt. Das Gesetz macht eine Wahrscheinlichkeitsaussage für das Verhalten des einzelnen Elements. Zwar verwirklicht das einzelne Element eine der in der Skala der Möglichkeiten angegebenen Möglichkeiten zufäl-

lig, aber welche Möglichkeit es verwirklicht, ist durch die wissenschaftlich nicht analysierbare, weil unerschöpfliche Gesamtheit der Bedingungen bestimmt notwendig. Das Gesetz gibt nun keine eindeutige Voraussage für diese Verwirklichung der Möglichkeit, sondern gibt eine Wahrscheinlichkeit dafür an.

Man könnte die Frage stellen, wie sich die weitere Entwicklung der Physik vollziehen wird. Sicher gibt es darüber verschiedene Hypothesen. Die mechanisch-materialistische Auffassung würde die Rückführung der statistischen Gesetze auf dynamische verlangen. Man kann aber auch die Hypothese vertreten, daß den grundlegenden Typ der Gesetze in der Physik, vielleicht sogar darüber hinaus auch in den anderen Wissenschaften, das statistische Gesetz darstellt. Das dynamische Gesetz ist dann nur ein Grenzfall der stati-[82]stischen Gesetze unter den Bedingungen, daß aus dem gegenwärtigen Zustand der zukünftige eindeutig bestimmt ist. Das wird nur in wenigen Fällen zutreffen, beispielsweise dann, wenn man bestimmte Makrozustände analysiert. Hier läßt sich wiederum das Beispiel des Treffens eines Alphateilchens mit Hilfe bestimmter Laboratoriumseinrichtungen anwenden. Man könnte den makroskopischen Fall so charakterisieren, daß ein Pistolenschütze gezwungen ist, auf eine Zielscheibe zu treffen. In diesem Falle ist Treffen oder Nichttreffen im wesentlichen abhängig von der Geschicklichkeit des Pistolenschützen. In der analysierten Situation der Mikrozustände, wo es auf das Treffen des Alphateilchens ankommt, hängt das Treffen nicht von der Geschicklichkeit des Schützen ab, sondern stellt objektiv einen Zufall dar, wobei die Gesetze die Wahrscheinlichkeit dieses Zufalls bestimmen. Die zukünftige Entwicklung der Physik wäre also nach dieser Auffassung auf das Suchen statistischer Gesetze zu orientieren. Sicherlich wird auch hier die Entwicklung der modernen Physik noch neue Einsichten in die Verhältnisse zwischen Möglichkeit und Wirklichkeit, Notwendigkeit und Zufall, Kausalität und Gesetz liefern. Die bisherige physikalische Entwicklung zwang bereits dazu, die Auffassungen über die Gesetze zu präzisieren. War im vergangenen Jahrhundert in der Naturtheorie auch des dialektischen Materialismus noch die Gesetzesauffassung vorherrschend, die der mechanische Materialismus ausgearbeitet hatte, so gilt für unser Jahrhundert eine neue Gesetzesauffassung. Marx und Engels hatten schon im vergangenen Jahrhundert darauf hingewiesen, daß die Zufälle objektiv existieren und daß die gesellschaftlichen Phänomene nicht erklärbar sind mit Hilfe des Gesetzestyps, der in der klassischen Mechanik seine Anwendung fand. Aber die Überprüfung der Gesetzesauffassung in der Natur selbst erfolgte durch die physikalische Entwicklung. Sie bewies, daß verschiedene Typen von Gesetzen existieren. Man muß dynamische und statistische Gesetze voneinander unterscheiden. Die statistischen Gesetze stellen einen Fortschritt in der Erkenntnis dar. Sie helfen uns, aus Systemgesetzen heraus Aussagen über das Verhalten der Elemente zu machen. Solange man nur auf der Konzeption von der Existenz dynamischer Gesetze stehen bleibt, sind die Elemente ebenfalls dynamischen Gesetzen unterworfen. Da über das Verhalten der Systeme meist statistische Aussagen gemacht werden, die dynamischen Gesetze für das Verhalten der Elemente aber nur prinzipiell auffindbar sind, werden die Elemente nur als Zufälle betrachtet. Das Aufdecken der statistischen Gesetze hilft aber ge-[83]rade, das Verhalten der Elemente selbst in die gesetzmäßige Betrachtung einzubeziehen. Es bestehen Wahrscheinlichkeiten für das zufällige Verwirklichen bestimmter Möglichkeiten.

Das ermöglicht es uns auch in der philosophischen Definition des statistischen Gesetzes, den dynamischen Aspekt gesetzmäßigen physikalischen Verhaltens mit zu berücksichtigen. Es handelt sich daher nicht um zwei gleichberechtigte Gesetzestypen, sondern um das tiefere Eindringen in die Struktur objektiver Gesetze, wenn wir dynamische und statistische Gesetze betrachten, Das gilt aber nur, wenn statistische Gesetze nicht einfach mit stochastischen Verteilungen gleichgesetzt werden. Die philosophische Definition des statistischen Gesetzes lautet: Ein statistisches Gesetz ist ein allgemein-notwendiger und wesentlicher Zusammenhang

zwischen Objekten und Prozessen, der eine Möglichkeit für das Verhalten eines Systems enthält, die notwendig verwirklicht wird (dynamischer Aspekt); für das Verhalten der Elemente existiert ein Möglichkeitsfeld, dessen zufällige Verwirklichung durch die Elemente des Systems zu einer Wahrscheinlichkeitsverteilung führt (stochastischer Aspekt), wobei ein Element mit einer bestimmten Übergangswahrscheinlichkeit von einem Zustand zum anderen übergeht (probabilistischer Aspekt). Das statistische Gesetz umfaßt sämtliche drei Aspekte des Gesetzes, die im Grenzfall auch als selbständige Gesetze existieren können.

Wie wir sehen, hilft hier die oft benutzte Bezeichnung ‚stochastisches Gesetz‘ nicht weiter, da sie nur einen Aspekt des Gesetzes, nämlich die stochastischen Verteilungen berücksichtigt. In einer Reihe von physikalischen Gesetzen, wie z. B. in der Halbwertszeit, die Heisenberg als Argument gegen die Kantsche Kausalitätsauffassung benutzte, wird gerade der dynamische Aspekt zum Ausdruck gebracht; denn es existiert für einen Uranklumpen genau eine Möglichkeit, in der gegebenen Zeit zur Hälfte zu zerfallen, die er notwendig verwirklicht. Weshalb sich hier schon der statistische Charakter offenbart, wird aus der dialektischen Beziehung von System und Element deutlich. Die einzelnen Atome dieses durch die Halbwertszeit bestimmten Systems zerfallen zufällig zu verschiedenen Zeiten, ohne daß eine bestimmte Ursache für den Zerfall eines Atoms angegeben werden kann. Wir können deshalb hier von einem potentiell statistischen Gesetz sprechen, da bestimmte Möglichkeiten für das Verhalten der Elemente existieren. Sicher wird es nicht möglich sein, die Wahrscheinlichkeitsverteilung für alle diese Möglichkeiten zu bestimmen. Erst dann könnte [84] man von einem quantitativ bestimmten statistischen Gesetz sprechen, wie es etwa in der Schrödingergleichung vorliegt, die nicht nur die notwendig sich verwirklichende Systemmöglichkeit enthält, sondern auch die Wahrscheinlichkeitsverteilung für das zufällige Verhalten der Elemente.

Mit dieser philosophischen Auffassung zum statistischen Gesetz werden methodologische Forderungen an die Gesetzeserkenntnis verbunden, die bei stochastischen Verteilungen auf mögliche dynamische Aspekte oder bei potentiell statistischen Gesetzen auf mögliche stochastische Verteilungen verweisen, die es zu suchen gilt. Diese Forderungen sind nicht immer zu erfüllen und bedeuten keinen kategorischen Imperativ der wissenschaftlichen Forschung, aber sie können als heuristische Hinweise betrachtet werden, wie die Struktur bestimmter Gesetze noch genauer erkannt werden kann. Mit der hier charakterisierten Auffassung zum statistischen Gesetz wird auf stochastische Verteilung in dynamischen Systemen und auf dynamische Verhaltensweisen in stochastischen Verteilungen verwiesen sowie mit dem probabilistischen Aspekt auf die Dialektik von System und Element in der Realisierung einer Möglichkeit durch ein bestimmtes Element des Systems aufmerksam gemacht.

Damit soll auch gegen bestimmte einseitige Auffassungen polemisiert werden, die objektiv-reale Zusammenhänge entweder als dynamisch oder stochastisch betrachten. Sicher wird uns die Erkenntnis neue Anhaltspunkte für die bessere Einsicht in das System objektiver Gesetze geben. Aber einmal gewonnene und bestätigte Einsichten hebt sie nicht auf. Sicher werden sie erweitert oder präzisiert, aber nicht beseitigt. Insofern ist die Warnung von M. Hartmann berechtigt, aus der statistischen Verteilung der Quantenobjekte nicht auf eine „statistische, teilweise zufällige Beschaffenheit der Weltwirklichkeit als endgültiges Ergebnis der physikalischen Forschung“ zu schließen.³¹ Nach ihm ist der Erkenntnisfortschritt ein unendlicher Prozeß. „Jede Aussage über die endgültige Beschaffenheit der Naturwirklichkeit“, meint er, „ist eine nie beweisbare ontologisch-metaphysische Behauptung. Die mechanistische Laplacesche wie die wahrscheinlichkeitstheoretische der Quantenphysik sind beide unbewiesene, metaphysische Behauptungen, die die Grenzen der Naturerkenntnis überschreiten. Eine absolute Erkenntnis ist für uns Menschen ausgeschlossen, und somit ist jede Aussage über

³¹ M. Hartmann, Die philosophischen Grundlagen der Naturwissenschaften, Jena 1948, S. 206.

die Beschaffenheit der Weltwirklichkeit eine zeitbedingte, ganz gleichgültig, ob eine solche Aussage [85] streng deterministisch oder nur statistisch gefaßt ist.“³² Es würde tatsächlich nicht nur dem zu erwartenden Erkenntnisfortschritt widersprechen, sondern auch der bisher erreichten Einsicht in die Dialektik der physikalischen Prozesse, wenn mit der Quantenphysik eine wahrscheinlichkeitstheoretische Ordnung der Naturwirklichkeit proklamiert würde, „in der Zufall und Freiheit der Entscheidung der Elementarteile, wenigstens bis zu einem gewissen Grade herrschen.“³³ Aber die philosophische Interpretation der Quantenmechanik führt uns, wie die philosophische Definition des statistischen Gesetzes zeigt, über die einfache Entgegenstellung von strengem Determinismus und stochastischen Verteilungen hinaus. Der strenge Determinismus ist im dynamischen Aspekt des statistischen Gesetzes ebenso enthalten wie stochastische Verteilungen. Beide können in physikalischen Gesetzen als Grenzfälle existieren, aber aus beiden Grenzfällen kann nicht metaphysisch auf die Grundstruktur der objektiven Realität geschlossen werden. Deshalb ist der mit der Quantenmechanik verbundene philosophische Erkenntnisfortschritt durch das tiefere Eindringen in die objektive Struktur der physikalischen Gesetze charakterisiert. Die Existenz objektiver Möglichkeitsfelder, zufälliger Verwirklichungen und Möglichkeiten, Wahrscheinlichkeitsverteilungen und Übergangswahrscheinlichkeiten muß anerkannt werden. Sie ist Ausdruck der objektiven Dialektik von System und Element. Es ist zu überprüfen, welche Bedeutung die philosophische Konzeption der statistischen Gesetze für alle anderen Wissenschaften, auch für die Gesellschaftswissenschaften hat.³⁴

Einerseits half die Entwicklung der modernen Physik, die Determinismusauffassung zu präzisieren. Die Überwindung des mechanischen Determinismus erfolgte durch die Ausarbeitung einer neuen Kausalauffassung. Außerdem wurde das Verhältnis von Kausalität und Gesetz untersucht und verschiedene Typen von Gesetzen betrachtet. Andererseits bleiben jedoch noch eine Reihe von Aufgaben zu lösen. Man könnte etwa Bewegungs-, Entwicklungs- und Strukturgesetze unterscheiden. Auch diese Typologie der Gesetze muß weiterhin untersucht werden. Außerdem müssen die Formen des Zusammenhangs weiter betrachtet werden. Unabhängig davon, daß schon das Verhältnis von System und Element, von Notwendigkeit und Zufall, Möglichkeit und Wirklichkeit untersucht wurde, kommt es jedoch auch darauf an, das Verhältnis von Struktur, System und Element, von Struktur, Funktion usw. auszuarbeiten. [86]

Philosophische Probleme der Elementarteilchentheorie

Einheit der Welt und einheitliche Theorien

Die Elementarteilchentheorie befaßt sich mit den heute bekannten physikalischen Grundstrukturen der Materie. Die Untersuchung elementarer Bausteine der Materie hatte stets großen Einfluß auf das philosophische Denken. Jedes materialistische Weltbild stützte sich auf die bekannten physikalischen Forschungsergebnisse und beeinflusste die weitere Forschung. War der Atomismus erst eine geniale philosophische Hypothese, so wurden später durch die Chemie die theoretische Bedeutung dieser Hypothese und durch die Physik die objektiv reale Existenz der Atome nachgewiesen. Im Verlauf dieser Entwicklung änderte sich unsere Vorstellung von der Materiestruktur ständig. Von den Atomen, als den Materiebausteinen, kann man zu den Elementarteilchen, die erst die innere Struktur der Atome begreiflich machen, vordringen. Es hat nicht an Versuchen gefehlt, eine einheitliche Theorie der Materiestruktur zu finden, deren Hauptpostulat die Existenz einer Grundsubstanz ist, auf der die Vielfalt materieller Objekte und Beziehungen aufgebaut ist. Anfang der dreißiger Jahre unseres Jahrhun-

³² Ebenda.

³³ Ebenda.

³⁴ Vgl. H. Hörz, Der dialektische Determinismus in Natur und Gesellschaft, Berlin 1974.

derts schien man diesem Ideal ziemlich nahe zu kommen. Man kannte die Elementarteilchen, das Elektron, Proton, Neutron, mit deren Hilfe man im wesentlichen alle bekannten experimentellen Tatsachen erklären konnte. Aber nun ging es Schlag auf Schlag. Schon Ende 1932 fand man das Positron, das sich unter bestimmten Bedingungen mit dem Elektron in Strahlung verwandelt. Die Hypothese von der Existenz eines Teilchens, des Neutrinos, wurde aufgestellt, um den Energieverlust beim Betazerfall zu erklären. 1934 behauptete der sowjetische Physiker Tamm, daß die Kernkräfte, die zwischen Neutron und Proton im Atomkern wirken, durch Elementarteilchen vermittelt werden. Da mit den bekannten Teilchen diese Behauptung nicht bestätigt werden konnte, nahm Yukawa ein Jahr später an, daß unbekannte Teilchen, die Mesonen, die Kernkräfte vermitteln. 1937 fand man schon die Myonesonen, die sich jedoch nicht als Kernmesonen erwiesen. Letztere wurden erst 1947 gefunden. Es sind die Pionen, die [87] zwischen Neutron und Proton im Kern wirken. Immer mehr Teilchen, wie Mesonen und Hyperonen, wurden entdeckt. Hatte man mit dem Positron schon das erste Antiteilchen, es unterscheidet sich vom Elektron nur durch die Ladung, so führte die systematische Suche nach den Antiteilchen zur Entdeckung fast aller Antiteilchen der bekannten Teilchen. Die Antiteilchen zeichnen sich dadurch aus, daß sie mit den entsprechenden Teilchen zerstrahlen. Die Zahl der gefundenen Teilchen wuchs an. Hierzu kam noch die Entdeckung der Resonanzen, bestimmter Zwischenstadien bei der Wechselwirkung von Teilchen, die ebenfalls als Ganze in den physikalischen Reaktionen wirken und deshalb als Teilchen betrachtet werden können. Insgesamt kennt man heute über 200 Elementarteilchen. Damit wird die alte Frage aktuell: Gibt es eine Grundsubstanz der Materie, die es gestattet, die Vielzahl der Teilchen auf sie zurückzuführen, um zu einer einheitlichen Welterklärung zu kommen?

Die Antwort hierauf kann mit den Mitteln der Physik heute noch nicht gegeben werden. Es gibt verschiedene physikalische Konzeptionen, die eine einheitliche Welterklärung anstreben. Es handelt sich bei der gestellten Frage um ein altes philosophisches Problem, von dessen Lösung viele andere Einsichten in philosophische Beziehungen abhängig sind. Deshalb ist es auch philosophisch interessant, das Material zu untersuchen, das die moderne Physik zur Lösung bereitstellt. Noch existiert keine einheitliche Elementarteilchentheorie. Deshalb tragen auch die hier gemachten Aussagen zu einer philosophischen Strukturtheorie hypothetischen Charakter. Ausgehend von Experimenten, theoretischen Ansätzen und Vermutungen der Physiker, wollen wir einige mögliche philosophische Konsequenzen diskutieren.

Die von uns betrachteten philosophischen Probleme betreffen vor allem die bereits erwähnte Frage sowie das Verhältnis von Struktur und Prozeß und die Beziehung zwischen Elementarteilchentheorie und Dialektik. Es gab in der Geschichte der Physik verschiedene Versuche, eine einheitliche Theorie aller physikalischen Objekte und Beziehungen zu entwickeln. Im 18. und 19. Jahrhundert sollten alle Erscheinungen auf die mechanischen Beziehungen identischer kleinster Teilchen zurückgeführt werden, womit die Einheit der Welt als Einheit mechanischer Beziehungen begriffen und die einheitliche Theorie in der klassischen Mechanik gesehen wurde. Friedrich Engels zeigte die philosophischen Konsequenzen dieses Standpunktes und kritisierte unter Ausnutzung des bis dahin bekannten einzelwissenschaftlichen Materials die versuchte Zurück-[88]führung aller qualitativen Unterschiede auf quantitative Beziehungen. Die Geschichte gab Engels in bezug auf den mechanistischen Materialismus recht. Es gelang nicht, alle Beziehungen innerhalb der Physik auf mechanische zu reduzieren. Wir verweisen hier nur auf die statistische Deutung der Quantenmechanik und die Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen, die deutlich den Unterschied zwischen dem Verhalten von klassischen und Quantenobjekten charakterisieren. Damit sind jedoch die Versuche, eine einheitliche Theorie zu finden, nicht generell abgewertet. Erstens gibt es keinen Beweis dafür, daß nicht doch eine andere Grundsubstanz der Materie existiert, deren theoretische Beschreibung eine einheitliche Naturtheorie liefert. Zweitens tragen Einheitsbestrebungen in der

Wissenschaft stets heuristischen Charakter. Wenn wir auch keine einheitliche Naturtheorie erhielten, so gab es doch immer allgemeinere Theorien, die bisher getrennt beschriebene Objekte und Beziehungen zusammen erfaßten. Beispiele dafür sind vor allem die Maxwellsche Theorie und später die Quantentheorie, die die absolute Trennung zwischen Welle und Korpuskel aufhob und zu einer Theorie physikalischer Objekte wurde, die sowohl Wellen- als auch Korpuskeleigenschaften besitzen.

Ende des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts folgte der nächste große Versuch, eine einheitliche Theorie zu finden. Es war die Erklärung aller Eigenschaften der Materie auf der Grundlage des elektromagnetischen Feldes. Die Enge dieser Vorstellung wurde noch schneller deutlich als die Einseitigkeit des mechanischen Materialismus. Vor allem die Entwicklung der Quanten- und Relativitätstheorie zeigte die Grenzen einer einheitlichen elektromagnetischen Naturtheorie. War die klassische Mechanik noch eine Theorie der Kräfte, die zwischen unveränderlichen Partikeln wirken, so wurde mit der Einführung des Feldbegriffs, der in der elektromagnetischen Theorie eine entscheidende Rolle spielt, der Begriff der unveränderlichen Partikeln als des einzigen physikalischen Objekts erschüttert. Es wurden nicht mehr allein Kräfte zwischen Partikeln untersucht, sondern Beziehungen betrachtet und Gesetze struktureller Natur aufgestellt.

Der dritte große Versuch, eine einheitliche physikalische Theorie zu entwickeln, bestand in der Einsteinschen Feldtheorie. Obwohl seine konkrete physikalische Konzeption der Geometrisierung aller Felder sich als nicht durchführbar erwies, darf man seinen genialen Grundgedanken nicht einfach verwerfen. Er findet auch heute seine Verteidiger bei verschiedenen Elementarteilchenphysikern. So ver-[89]sucht Heisenberg eine einheitliche Feldtheorie der Elementarteilchen aufzubauen, und in der Quantengeometrodynamik wird wiederum die Geometrisierung physikalischer Vorgänge zur Grundlage der theoretischen Erfassung des Elementarteilchenverhaltens genommen. Es geht also heute um eine einheitliche Elementarteilchentheorie. Die Tendenzen zum Aufbau solcher Theorien sind aus der geschilderten Mannigfaltigkeit der Teilchen entstanden, die eine fast unübersehbare Fülle von Reaktionen bieten, deren einheitliche theoretische Beschreibung uns die weitere Erforschung und Lenkung ihres Verhaltens erleichtern würde. Das Ziel einer einheitlichen Elementarteilchentheorie ist die Rückführbarkeit der qualitativen Mannigfaltigkeit der Elementarteilchen auf eine Grundsubstanz oder wenige Grundbeziehungen. Das würde die theoretische Beherrschung der Vielzahl von Reaktionen und Eigenschaften mit Hilfe einer Grundgleichung erlauben, wodurch auch theoretische Vorhersagen über nicht entdeckte Reaktionen und Objekte wahrscheinlich werden. Darin bestände der Nutzen für die physikalische Theorie selbst. Eine einheitliche Elementarteilchentheorie würde jedoch auch tiefere Einsichten in andere Forschungsbereiche vermitteln. In chemischen Reaktionen, im Organismus, im Menschen, überall spielen sich Elementarteilchenreaktionen ab. Es gibt also verschiedene Gründe für den vierten großen Versuch, eine einheitliche Theorie, diesmal der Elementarteilchen zu schaffen. Eine solche Theorie hätte sowohl theoretischen als auch praktischen Wert. Die philosophische Analyse neuerer Bestrebungen, unser Naturbild zu vereinheitlichen, muß einen wesentlichen Gedanken berücksichtigen, den Lenin bei der Analyse neuester Ergebnisse der Naturwissenschaft zu Beginn unseres Jahrhunderts aussprach. Er setzte sich mit der Auffassung auseinander, es existiere ein unveränderliches Wesen der Dinge, eine Grundsubstanz. Das Wesen der Dinge ist nach ihm ebenfalls relativ. Es ist bestimmt durch unser bisheriges Eindringen in die Naturgesetze, in das Verhalten der Objekte und gibt die heute gültige Grenze unseres Wissens an. Nach Lenin beharrt der dialektische Materialismus auf dem relativen Charakter unseres Wissens. Das Elektron ist nach ihm ebenso unerschöpflich wie das Atom. Sollte Lenin eine einfache Teilbarkeit des Elektrons vorgeschwebt haben, so gibt es dafür keine Anzeichen. Wesentlich ist jedoch der allgemeinere Gedanke von der unendlichen Kompliziertheit der Materie, die wir nie voll-

ständig erkennen werden. Lenins Gedanke von der Unerschöpflichkeit materieller Formen und Beziehungen hat sich zumindest schon in der Breite bestätigt.

[90] Als Lenin sein Buch schrieb, war nur das Elektron als Elementarteilchen bekannt. Heute kennen wir mehr als 200 Teilchen. Die Unerschöpflichkeit in der Tiefe, die in Lenins Bemerkung ebenfalls steckt, kann man jedoch nur als Hinweis auffassen, tiefer liegende Beziehungen zu suchen, ohne daß es für ihre Existenz schon Beweise gäbe. Viele Physiker deuten die Experimente von Hofstadter, der Elektronen an Protonen streute und dabei Abweichungen von dem Verhalten eines punktförmigen Protons erhielt, als Nachweis der Nukleonenstruktur.

Die kurze Betrachtung der Versuche, eine einheitliche Naturtheorie zu entwickeln, zeigt uns die Problematik, die damit verbunden ist. Bisher sind alle Einheitsbestrebungen gescheitert. Aber deshalb waren sie nicht nutzlos. Es zeigte sich eine objektive Tendenz zu allgemeineren Theorien. Ihre Grundlage ist die materielle Einheit der Welt. Der ständig zunehmenden Zahl von spezialisierten Forschungsbereichen und Teiltheorien steht die Tendenz zur Integration der Wissenschaften entgegen. Die Spezialisierung, die sinnvoll in das System der Wissenschaften eingeordnet ist, ist notwendiger Bestandteil des Integrationsgesetzes, der sich auf verschiedenen Ebenen vollzieht. In jeder Wissenschaft, sei es Natur-, technische oder Gesellschaftswissenschaft, entwickeln sich allgemeine Theorien, die die grundlegenden Beziehungen der Teiltheorien mit umfassen. Dabei hilft das Eindringen mathematischer und kybernetischer Theorien in vielen Wissenschaften bei der Aufdeckung von gleichen Grundstrukturen in verschiedenen Forschungsbereichen. Mathematik und Kybernetik können zwar die natur- oder gesellschaftswissenschaftliche Theorie nicht ersetzen, aber bei ihrer Präzisierung helfen und ihre Konsequenzen verdeutlichen sowie erkenntnisfördernd wirken. Wir erfassen also die Einheit der Welt in einem Geflecht von Teil- und allgemeinen Theorien der Natur-, Gesellschafts-, technischen und Relationswissenschaften, was uns jedoch hier nicht weiter beschäftigen soll. Auch in der Physik stehen allgemeine Theorien neben spezielleren. Selbst im Elementarteilchenbereich ist das so. Auch hier ist der Versuch, eine einheitliche Theorie zu finden, Ausdruck des Trends zur Entwicklung allgemeiner Theorien in einer Wissenschaft. Die Schwierigkeit besteht darin, eine Grundsubstanz oder Grundbeziehung zu finden, die in der Theorie erfaßt wird. Diese Schwierigkeit ist noch nicht behoben, und die These von der materiellen Einheit der Welt sagt nicht aus, ob sie überhaupt beseitigt werden kann.

Bisher gibt es noch keine Beweise für die Existenz einer absolu-[91]ten Grundsubstanz oder einer letzten Grundbeziehung. Der dialektische Materialismus ergänzte den materialistischen Monismus deshalb durch zwei wesentliche Gedanken. Die Einheit der Welt ist eine Einheit qualitativ verschiedener Materiearten materieller Formen und Beziehungen. Sie sind miteinander verbunden, können auseinander hervorgehen, aber sind nicht völlig durch Reduktion auf eine Grundsubstanz zu erklären. Es wirken in verschiedenen Bereichen qualitativ verschiedene Gesetze, die Systemgesetze für das Verhalten der Elemente im System darstellen. Der statistische Charakter dieser Systemgesetze läßt keine Reduktion auf dynamische Gesetze der Elemente zu. Das hat die Quantenmechanik schon gezeigt. Wohl aber gibt die Untersuchung der Gesetze für Elemente des Systems auch neue Einsichten in die Gründe für das Wirken der Systemgesetze. So gehen auch die Elementarteilchenprozesse als Elemente in die chemische Reaktion und das Verhalten des Organismus ein. Chemische Reaktion und biologisches Verhalten können deshalb durch eine Elementarteilchentheorie besser verstanden werden, aber nicht völlig auf die Gesetze der Elementarteilchenreaktion reduziert werden, das hieße die Bedeutung der statistischen Gesetze leugnen und zum klassischen Determinismus zurückkehren.

Der zweite Gedanke, durch den der Monismus im dialektischen Materialismus ergänzt wird, ist die Anerkennung der unendlichen Kompliziertheit der Materie. Damit wird der relative Charakter unserer Erkenntnisse über die Struktur der Materie betont. Neue Experimente lie-

fern uns neue Einsichten in das Verhalten materieller Objekte. Es handelt sich hier nicht darum, daß wir das unendliche Universum erkannt hätten oder das Unendliche messen oder beschreiben wollten, was unmöglich ist. Es geht um die Einsicht in die Grenzen unserer Erkenntnis. Wir können stets nur einen bestimmten Bereich des Universums überschauen, die dort existierenden Gesetze erkennen und davon auf unerkannte Bereiche extrapolieren. Im weiteren Verlauf der Erkenntnis werden dann ungerechtfertigte Extrapolationen korrigiert. Solange unsere Experimente also keine den bisher vorhandenen Theorien widersprechende Ergebnisse liefern, stören zu weit gehende Extrapolationen nicht. Das gibt aber auch die Möglichkeit, einheitliche Theorien für alle materiellen Prozesse zu suchen, auch wenn sie sich später nur als einheitliche Theorien bestimmter Prozesse erweisen. Eben die Erkenntnis von der Existenz objektiver Systeme mit Systemgesetzen, bei denen sowohl von der Veränderung der Elemente als auch von der Einwirkung anderer Systeme unter bestimmten Bedingungen abstrahiert werden kann, erlaubt das Aufdecken objektiver Wahrheiten. Das Suchen nach einer einheitlichen Elementarteilchentheorie findet seine Begründung in der nachgewiesenen Umwandelbarkeit der Teilchen ineinander. Damit können sie ein sich selbst genügendes System sein, wie es Chew mit seiner Hypothese ausdrückte, oder Erregungen eines Feldes, das nach Heisenberg die „Urmaterie“ darstellt. Die Behauptung, daß es sich beim Feld um die letzte Grundsubstanz der Materie handle, ist eine der nicht zu beweisende Extrapolationen, die heute keinen Schaden anrichten, da sie bisher ohne praktische Konsequenzen sind. Sie haben im Gegenteil erkenntnisfördernde Bedeutung, da nach ihrer Bestätigung oder Widerlegung gesucht wird, was zur Entwicklung der Theorie beiträgt.

Die bisherigen Bestrebungen nach einer einheitlichen Naturtheorie lassen folgende Tendenzen der weiteren theoretischen Entwicklung erkennen. Die Suche nach einem einheitlichen Naturbild der Elementarteilchen wird verstärkt mit verschiedenen Ausgangshypothesen fortgesetzt. Dabei wird sowohl von Grundpartikeln im Sinne von Grundsubstanzen als auch von Grundbeziehungen als der Grundlage der Theorie ausgegangen. Es gibt Versuche, die bekannten Teilchen aus anderen aufzubauen (Sakata, Markow, Gell-Mann u. a.). Dabei wird über Gell-Manns hypothetische Teilchen mit gebrochenen Quantenzahlen, die Quarks, ebenso diskutiert, wie über die Partonen, punktförmige Fundamentarteilchen, aus denen Protonen und andere Teilchen aufgebaut sein sollen. Schwierigkeiten macht die schwache Wechselwirkung der Teilchen, die damit nicht erfaßt wird. Heisenberg versucht mit Grundbeziehungen auszukommen, die er seinem Feldoperator zuschreibt, für den er eine Gleichung formuliert hat. Auch die Quantengeometrodynamik versucht, das Beziehungsgefüge der Elementarteilchen zu erfassen. Im Gegensatz zu Heisenberg betrachtet sie die raum-zeitlichen Beziehungen als das Einfachste, auf das alles andere zurückgeführt werden kann. Das Beziehungsgefüge im Elementarteilchenbereich ist kompliziert. Es gibt eine Vielzahl von Teilchen mit verschiedenen Reaktionsmöglichkeiten. Sie wechselwirken stark, elektromagnetisch und schwach miteinander. Jedoch gibt es einen inneren Zusammenhang. Die Teilchen wandeln sich ineinander um. Sie unterliegen verschiedenen Formen der Wechselwirkung, wobei eine Verbindung zwischen Wechselwirkung und Erhaltungssätzen existiert. Je schwächer die Wechselwirkung, desto mehr Erhaltungssätze gelten. Das alles berechtigt zu der Hoffnung, daß trotz qualitativer Unterschiede das Beziehungsgefüge erfaßt werden kann. [93] Von welcher Seite her das am besten geschieht, steht heute noch nicht fest. Vielleicht gelingt es, das Elementarteilchenverhalten theoretisch besser zu erfassen, wenn die Beziehung zwischen Kosmologie und Elementarteilchenphysik genauer analysiert wird. Die modernen einheitlichen Theorien berücksichtigen also die qualitative Verschiedenheit der Beziehungen, die wachsende Kompliziertheit des Beziehungsgefüges und die Einheit von Struktur und Prozeß.

Dialektik und Elementarteilchenphysik

Engels hat in der „Dialektik der Natur“ und im „Anti-Dühring“ die Dialektik als Theorie des Zusammenhangs, als Wissenschaft von den allgemeinen Gesetzen der Natur, der Gesellschaft und des Denkens bestimmt. Kern der Dialektik ist die dialektisch-materialistische Entwicklungsauffassung, die wesentlich durch die Grundgesetze der Dialektik charakterisiert ist. In der Physik geht es um die Dialektik der Struktur und Veränderung physikalischer Systeme. Engels kritisierte die mechanisch-deterministische Deutung der klassischen Physik. Ihm kam es vor allem auf die Überwindung der metaphysischen Denkweise und auf die Abhängigkeit des dialektischen Denkens von der Existenz objektiver dialektischer Beziehungen und Gesetze an. Er selbst wollte die Dialektik in der Natur und der Naturwissenschaft nachweisen, um zu zeigen, daß dialektisches Denken der damals modernen Naturwissenschaft adäquat ist. Inzwischen ist eine lange Zeit vergangen. Die Naturwissenschaft und speziell auch die Physik haben große Fortschritte gemacht. Wenn die materialistische Dialektik nicht als eine über den Einzelwissenschaften stehende Theorie, sondern als eine mit ihr verbundene Theorie aufzufassen ist, so muß sich auch unser Wissen über die dialektischen Beziehungen erweitert haben. Uns interessiert dabei die durch die Elementarteilchentheorie aufgeworfene Problematik für die Dialektik.

Der umfassendste Versuch, eine Theorie der Elementarteilchen zu finden, wurde von Werner Heisenberg unternommen. Er will die Eigenschaften der Elementarteilchen, ihre verschiedenen Reaktionsmöglichkeiten in einer Gleichung erfassen. Bisher ist dieser Versuch noch sehr umstritten. Vor allem zeichnen sich eine Reihe von mathematischen Schwierigkeiten ab.

Es gibt auch andere und sogar erfolgversprechendere Versuche, [94] eine Elementarteilchentheorie zu finden. Dazu gehören die aus bestimmten allgemeinen Voraussetzungen abgeleiteten Dispersionsrelationen. Durch die gelungene Entdeckung des Omega-minus-Hyperons waren wiederum die Klassifizierungsversuche Gell-Manns und anderer in den Vordergrund theoretischen Interesses getreten. Gell-Mann und unabhängig von ihm Zweig hatten versucht, den alten Gedanken weiterzuentwickeln, die Vielfalt der Elementarteilchen auf wenige Fundamenteilchen zurückzuführen. Sie erkannten hypothetische Teilchen mit gebrochenen Quantenzahlen an, die nach Gell-Mann Quarks genannt werden. Aus drei Quarks und ihren Antiteilchen sollen die anderen Teilchen aufgebaut sein. Noch sind die Quarks nicht allgemein anerkannt, sie werden aber weiterhin fieberhaft gesucht. Auf der 1969 durchgeführten Physikerkonferenz in Budapest berichtete McCusker, daß es ihm gelungen wäre, in der kosmischen Strahlung die Quarks zu finden. In fünf Fällen meint er sie nachweisen zu können. Noch sind aber viele Physiker skeptisch.

Philosophisch sehr interessant ist auch die von Chew aufgestellte Hypothese des „boot-strap“ für stark wechselwirkende Teilchen. In dieser Auffassung sind die stark wechselwirkenden Teilchen zu einem System verbunden, wo jedes Teilchen selbst nur durch die Gesamtheit der anderen Teilchen existiert. Die Individualität der Teilchen, ihre selbständige Existenz ist völlig aufgehoben. Später wird noch einmal im Zusammenhang mit der These von der Uerschöpflichkeit der Materie auf diese physikalische Hypothese zurückgegriffen, weil sie uns interessante Ansatzpunkte zur Präzisierung der philosophischen These bietet.

Hier sollte nur auf die Vielfalt der theoretischen Vorstellungen verwiesen werden, die für die Ausarbeitung einer einheitlichen Elementarteilchentheorie bereits entwickelt wurden. Es ist eine Vielzahl von Eigenschaften der Elementarteilchen bekannt. Ihre Reaktionsmöglichkeiten ergeben sich durch die Existenz oder durch Brechung verschiedener Erhaltungssätze. Jedoch hat bisher keiner der theoretischen Ansätze zur Entwicklung einer einheitlichen Theorie seine Überlegenheit gegenüber den anderen völlig eindeutig nachweisen können. Es reicht also unsere bisherige Kenntnis noch nicht aus, um die Elementarteilchen und ihre Beziehungen so

in eine Theorie einzubauen, daß sich alle Eigenschaften der Teilchen aus der Theorie ergeben. Das wirft verschiedene Probleme für die materialistische Dialektik auf.

Erstens geht es um die dialektischen Beziehungen der Elementar-[95]teilchen untereinander. Experimente und ihre Deutung, die vermittels schon gewonnener theoretischer Einsichten erfolgten und manchmal auch korrigiert werden mußten, liefern uns Kenntnisse über die Eigenschaften der Teilchen. Dabei sind nicht die Teilchen an sich, sondern die Teilchen in Wechselwirkung mit anderen Teilchen, mit Hilfe von Beschleunigern, Meßgeräten usw., Gegenstand der Untersuchung. Eine Aussage über die objektive dialektische Beziehung der Elementarteilchen untereinander ist also abhängig von verschiedenen Komponenten. Benötigt wird eine Theorie des Experiments, der Meßgeräte, der Beschleuniger usw., um die Experimente überhaupt im Hinblick auf die Eigenschaften der Elementarteilchen auswerten zu können. Das ist ein allgemeines erkenntnistheoretisches Problem, auf das der dialektische Materialismus schon immer hingewiesen hat. Unsere Erkenntnisse über die Forschungsobjekte erhalten wir erst durch bestimmte Operationen mit diesen Objekten, wobei es uns mit Hilfe der Theorie gelingen muß, die aus einzelnen Experimenten gewonnenen Erkenntnisse über das Verhalten der Elementarteilchen zu synthetisieren. Handelt es sich um eine abgeschlossene, durch Experimente vielfach bestätigte Theorie, dann sind die daraus richtig verallgemeinerten Aussagen über die objektiven dialektischen Beziehungen der in der Theorie erfaßten Objekte auch als bestätigt anzusehen. Schwieriger ist die Problematik bei noch nicht abgeschlossenen und nicht bestätigten Theorien, wie der Elementarteilchentheorie. Dort muß bei der Untersuchung der dialektischen Beziehungen immer zwischen den schon nachgewiesenen objektiven Eigenschaften und den hypothetisch angenommenen unterschieden werden. So kann man sich zwar über die objektiven dialektischen Beziehungen der Elementarteilchen, wie sie durch die mögliche Existenz der Quarks sich ergeben, unterhalten, muß aber die bisher noch hypothetische Existenz dieser Teilchen berücksichtigen. Die Analyse objektiver dialektischer Beziehungen der Elementarteilchen basiert auf physikalischen Hypothesen, die bestätigt oder widerlegt werden können, womit auch die philosophischen Überlegungen bestätigt oder widerlegt wären. Nur so ist es möglich, zu philosophischen Aussagen im Bereich der Elementarteilchenphysik zu kommen, die dem Meinungsstreit der Philosophen und Physiker unterliegen und den Fortschritt der Physik fördern. Dieser Gedanke soll noch etwas verdeutlicht werden. Eine wichtige Frage für die Elementarteilchenphysik ist die nach der Struktur der Nukleonen. Diese Struktur kann wiederum nur mit Hilfe äußerer Einwirkungen auf das Nukleon und die Unter-[96]suchung der dabei auftretenden Wechselwirkungen erkannt werden. Beispielsweise kann man einen Elektronenstrom hoher Energie auf einen Wasserstoffbehälter treffen lassen. Die auf die Protonen auftreffenden Elektronen werden gestreut. Mißt man dann Zahl und Energie der gestreuten Elektronen mit Hilfe eines Elektronendetektors, so kann man daraus auf die Struktur des Protons schließen. Dieser Schluß auf die objektive Struktur des Protons ist jedoch nicht eindeutig durch ein Experiment gegeben. Man braucht mehrere Experimente verschiedenen Charakters, um eine Aussage über die Struktur des Protons machen zu können, die Bestandteil einer bestätigten Theorie sein kann.

Die materialistische Dialektik als Theorie des Zusammenhangs muß bei ihrer Analyse der objektiven dialektischen Beziehungen zwischen Wechselwirkung und Struktur auch die Struktur des Protons in die Betrachtung einbeziehen, obwohl sie noch nicht voll erkannt ist. Offensichtlich ist die Frage nach der Existenz des objektiven Zusammenhangs hier eindeutig beantwortet. Wäre der objektive Zusammenhang in diesem Bereich durchbrochen, dann könnten keine Aussagen über die Struktur des Protons gemacht werden. Viel wichtiger ist deshalb die Frage, wie wird dieser Zusammenhang vermittelt. Diese Frage muß selbstverständlich die Physik beantworten. Die Philosophie kann jedoch für die möglichen Antworten bestimmte Hinweise geben, wenn sie eine ausgearbeitete Theorie des Zusammenhangs be-

sitzt. In ihr müssen solche Probleme geklärt oder erforscht werden, wie das Verhältnis von Symmetrie und Asymmetrie, Innerem und Äußerem, System und Struktur usw. Dabei kann es sich auch als notwendig erweisen, die nur polaren Relationen durch mehrstellige Relationen zu ersetzen, wie etwa in der Beziehung Element-Struktur-System, oder bei einer zufällig sich verwirklichenden Möglichkeit, in der die Beziehungen zwischen Möglichkeit-Zufall-Wirklichkeit eine Rolle spielen. Damit soll nur hervorgehoben werden, daß die materialistische Dialektik kein Schema ist, sondern sich aus der Analyse des objektiven Tatbestands selbst ergeben muß.

Zweitens geht es bei der Analyse der dialektischen Beziehungen in der Theorie der Elementarteilchen um den Aufbau der Theorie selbst und ihre Beziehung zu den Experimenten. Es wurde bereits erwähnt, daß bei der Untersuchung der dialektischen Beziehungen zwischen den Elementarteilchen selbst auch hypothetische Elemente berücksichtigt werden müssen, deren objektive Existenz noch nicht nachgewiesen ist. Aber dabei wurde das Verhältnis von Theorie [97] und Hypothese, von Theorie und Modell usw. nicht betrachtet. Offensichtlich kann man Hypothese und Theorie nicht metaphysisch voneinander trennen. Theorien enthalten noch hypothetische Elemente. Zumindest wird hypothetisch jeder Theorie ein allgemeiner Gültigkeitsbereich zugesprochen, als ihr eigentlich zukommt. Es ist die erste Stufe wissenschaftlichen Arbeitens, die Grenzen einer bisher als allgemeingültig angenommenen Theorie nachzuweisen. Erst danach gelingt es dann, eine neue Theorie auszuarbeiten. Die Aufstellung verschiedener, auch einander widersprechender Hypothesen dient der Entwicklung der Theorie. Gerade in einem Stadium der theoretischen Durchdringung der Elementarteilchenprozesse, in dem es noch nicht gelungen ist, eine einheitliche Theorie zu finden, ist es notwendig, ständig neue Versuche zur Ordnung der bekannten Tatsachen zu unternehmen. Keine der dabei aufgestellten Hypothesen, auch wenn sie nur einen kleinen Teil der experimentellen Ergebnisse erklärt, kann aus philosophischen Gründen abgelehnt werden. Die Dialektik des Erkenntnisprozesses selbst erlaubt im Prozeß des Erkennens noch keine klare Trennung zwischen der wahren und falschen Hypothese. Über die Wahrheit oder Falschheit einer Vermutung kann erst dann geurteilt werden, wenn genügend Argumente, das heißt experimentelle Ergebnisse und ihre theoretische Deutung, vorliegen, die eine Aussage bestätigen und die andere widerlegen. Dann verliert diese Aussage auch den Charakter einer Hypothese, das heißt einer wissenschaftlich begründeten Vermutung. Sie ist nun Theorie oder Bestandteil einer Theorie, oder wenn die Argumente gegen sie sprechen, muß sie als widerlegt betrachtet werden. Der gesamte Erkenntnisprozeß kennt eben nicht die metaphysische Trennung in einfache Gegensätze. Das zeigt sich im Verlauf der physikalischen Theorienbildung, wo sich Korpuskel- und Wellentheorie erst als ausschließende Gegensätze gegenüberstanden. Später galt die Wellentheorie als bestätigt, bis dann die Einheit der Wellen- und Korpuskeleigenschaften an allen physikalischen Objekten erkannt wurde. So können auch heute einander sich ausschließende theoretische Überlegungen zwei Seiten der tieferliegenden physikalischen Beziehungen im Elementarbereich sein.

Um die hier angedeutete Dialektik zwischen Theorie und Hypothese auch für das Verhältnis von Elementarteilchenphysik und Philosophie zu verdeutlichen, sei noch einmal auf die philosophische These von der Einheit der Welt in der Materialität verwiesen. Diese These bietet die philosophische Grundlage für die Annahme, [98] daß eine einheitliche Theorie der Elementarteilchen existiert. Die konkrete physikalische Konzeption einer einheitlichen Theorie wird dadurch jedoch in keiner Weise getroffen. Auch das Scheitern des Versuchs, eine einheitliche Theorie zu finden, wäre mit dieser These vereinbar. Die dialektisch-materialistische Auffassung von der materiellen Einheit der Welt hat ja gerade zwei wichtige Momente gegenüber einer metaphysischen Auffassung hervorgehoben. Einerseits betont sie die Einheit qualitativ verschiedener Objekte mit quantitativ verschiedenen Beziehungen. Es wäre also möglich, die

Einheit der Welt sowohl in einer physikalischen Theorie zu erfassen, die von der Existenz eines Feldes als Urmaterie ausgeht, wie das bei Heisenberg der Fall ist, als auch in einer Theorie, die die raum-zeitlichen Beziehungen zur Grundlage aller physikalischen Beziehungen nimmt, wie etwa die Quantengeometrodynamik. Sehr wahrscheinlich ist sogar, daß das Suchen nach einer einheitlichen Theorie zwar heuristische Bedeutung besitzt, aber eine einheitliche Theorie nie gefunden wird. Denn andererseits hebt der dialektische Materialismus hervor, daß die Materie selbst unendlich kompliziert ist. Diese Einsicht beruht auf den bisherigen Erfahrungen menschlichen Forschens. Auch die „boot-strap“-Hypothese von Chew ist mit der philosophischen These von der materiellen Einheit der Welt ebenso vereinbar wie die Annahme von der Existenz von Fundamentarteilchen. Philosophische Thesen können und dürfen nicht zur Begründung für die Ablehnung einzelwissenschaftlicher Hypothesen ausgenutzt werden. Das wäre eine undialektische Gleichsetzung zwischen Thesen verschiedenen Allgemeingrades und das Verwischen des Unterschiedes zwischen Hypothese und Theorie. Dieser Unterschied liegt wesentlich gerade darin begründet, daß die Hypothese zwar eine wissenschaftlich berechnete Vermutung darstellt, wie man die Elementarteilchen und ihre Beziehung theoretisch erfassen kann, aber eben doch nur eine Vermutung, deren Wahrheit oder Falschheit noch nicht entschieden ist. Nicht nur das Verhältnis von Theorie und Hypothese ist dabei ein wesentlich philosophischer Forschungsgegenstand, um die dialektischen Beziehungen im Erkenntnisprozeß aufzudecken, sondern auch das Verhältnis von Theorie und Modell. Wenn wir nur die Forschungsmodelle berücksichtigen, so kennen wir gerade in der Entwicklung der Theorie des Atomkerns, die mit der Elementarteilchentheorie eng verbunden ist, die große heuristische Bedeutung der Kernmodelle. Die Benutzung des Schalen- oder Tröpfchenmodells oder anderer Modelle gestattet die Ausnutzung bereits entwickelter Theorien und ihrer Konsequenzen auf einem bisher unerforschten Bereich und führt dann dort zu neuen Einsichten. Ziel dieser heuristischen Modelle ist eine umfassende Theorie, für die dann das Modell ein Moment der Veranschaulichung darstellt. Darauf werden wir im letzten Abschnitt über die Anschaulichkeit in der modernen Physik noch einmal eingehen.

Drittens gilt es, die dialektischen Beziehungen in der Theorie selbst auszuarbeiten. Hier geht es um eine exakte Begriffsanalyse, die die Frage beantworten muß, ob ein entsprechender Begriff die objektive Dialektik richtig zum Ausdruck bringt. So muß in der Elementarteilchentheorie der Begriff des Ortes und der Koordinate überprüft werden. Zweifellos ist die Annahme eines Ortes als Raumpunkt schon in der klassischen Physik eine Idealisierung. Er ist realisiert in dem Raumintervall, das gegen Null geht. Die erste Revision erfolgte mit den Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen, die die Bewegung der Quantenobjekte ausdrücken. Heute deutet sich eine weitere Revision des Ortsbegriffes an. Möglicherweise gilt dann nicht mehr nur die Unbestimmtheit des Ortes in Abhängigkeit zum Impuls, sondern auch unabhängig, indem sich die Ortsbestimmung als ungeeignet zur Festlegung der Eigenschaften der Elementarteilchen erweist. Heisenberg deutet außerdem in seiner Theorie an, daß der Begriff des Vakuums präzisiert werden muß. Für ihn existiert ein nichtsymmetrischer Grundzustand, den er auch schon nicht mehr als Vakuum bezeichnet. Man könnte weitere Beispiele anführen, es sollten aber nur die Problemgruppen charakterisiert werden, die untersucht werden müssen, wenn man die Dialektik in der Theorie der Elementarteilchen aufdecken will. Dabei gehört zur letzten Gruppe auch die Beziehung verschiedener Theorien zueinander, speziell das Verhältnis von Elementarteilchentheorie und Mathematik.

Die genannten drei Problemkomplexe sind natürlich eng miteinander verflochten. Wie schon ersichtlich wurde, können Aussagen über die objektiven dialektischen Beziehungen im Elementarteilchenbereich nur gemacht werden, wenn zugleich die Schwierigkeiten Berücksichtigung finden, die durch die mathematische Durchdringung der Problematik entstehen. Eine einheitliche Theorie der Elementarteilchen und damit eine Widerspiegelung der objektiven Geset-

ze der Elementarteilchen kann nur entstehen, wenn unsere Meßgeräte, die Beschleuniger, die Registriertechnik und die entsprechenden Theorien dazu ebenfalls weiterentwickelt werden.

Trotzdem gibt es auch ein relativ selbständiges Moment in diesen Bereichen. Wir untersuchen die objektiven dialektischen Beziehun-[100]gen im Elementarteilchenbereich, vermittelt über die Theorie. Wir können aber auch die Erkenntnis zu unserem Untersuchungsgegenstand machen. Während im ersten Fall die Theorie schon als Widerspiegelung der objektiven Beziehungen zwischen den Elementarteilchen genommen wird, wird im zweiten Fall der Widerspiegelungsprozeß mit seinen dialektischen Beziehungen selbst zum Erkenntnisgegenstand gemacht. Ebenso läßt sich auch der Platz des Begriffes, wie Ort oder Vakuum in einem logischen System, also einem theoretischen Ansatz, für eine Elementarteilchentheorie untersuchen und die Dialektik im Zusammenhang verschiedener Theorien betrachten. Diese Unterscheidung ist deshalb wichtig, weil sonst die philosophische Arbeit auf die Verallgemeinerung fertiger Theorien beschränkt oder der Charakter philosophischer Aussagen nicht deutlich würde. Die Analyse nicht abgeschlossener Theorien, des Prozesses der Theorienbildung, wie er in der Elementarteilchenphysik vorliegt, muß also durch die Aufdeckung der objektiven dialektischen Beziehungen, der Dialektik des Erkenntnisprozesses und der Begriffsdialektik erfolgen. Dabei haben die Aussagen über die objektiven dialektischen Beziehungen so lange hypothetischen Charakter, bis die sie stützende physikalische Hypothese entweder bestätigt oder widerlegt ist. Es wäre also auch verkehrt, wollte man die philosophische Analyse auf die Erkenntnistheorie im Sinne einer Theorie über den Erkenntnisprozeß beschränken und die objektiven dialektischen Beziehungen deshalb nicht analysieren, weil die physikalische Theorie noch nicht fertig ist. Die Untersuchung objektiver dialektischer Beziehungen im Elementarteilchenbereich, solange keine Elementarteilchentheorie besteht, birgt natürlich die Gefahr in sich, sich später revidieren zu müssen. Gerade deshalb wurde der hypothetische Charakter der philosophischen Aussagen betont, die sich mit Objekten befassen, über die noch keine einzelwissenschaftliche Theorie existiert. Es wäre verkehrt, wollte der Philosoph hier allgemeingültige Aussagen machen. Andererseits wäre es auch falsch, sich überhaupt nicht damit zu befassen. Mit diesen Bemerkungen soll auch der Auffassung begegnet werden, die die Existenz der objektiven dialektischen Beziehungen bestreitet, oder der einiger Positivisten, die die dialektische Analyse für überflüssig halten.

Interessante Einsichten in die philosophischen Probleme der modernen Physik liefert die Diskussion um das Verhältnis von Kosmologie und Elementarteilchenphysik. Sie ist direkt mit der Suche nach allgemeineren Theorien verbunden. [101]

Philosophische Probleme im Verhältnis von Kosmologie und Elementarteilchenphysik

Philosophisch ist die Suche nach einheitlichen Theorien in der Physik in der Erkenntnis von der materiellen Einheit der Welt begründet. Aber diese Einheit ist hierarchisch. Sie besteht aus relativ geschlossenen selbständigen Systemen physikalischer Prozesse mit eigenen Systemgesetzen, die durch die Physik erkannt und in Theorien über Teilbereiche physikalischen Geschehens formuliert werden. Ein wesentlicher Fortschritt physikalischer Theorienbildung ist dann stets die Feststellung, daß Zusammenhänge zwischen solchen Teilbereichen experimentell feststellbar und theoretisch formulierbar sind. Hier zeigt sich die Relativität der abgeschlossenen Systeme. Diese Dialektik von innerem Zusammenhang und qualitativer Selbständigkeit physikalischer Systeme muß für die Theorienbildung genauer erforscht werden, weil Vereinseitigungen dabei zu Schwierigkeiten beim philosophischen Verständnis des physikalischen Erkenntnisprozesses führen. Denken wir etwa an das mechanisch-materialistische Verständnis der Einheit der Welt, das zur Forderung führte, alle Prozesse auf die Ortsveränderung qualitativ identischer kleinster Teilchen zurückzuführen, repräsentiert in der Massen-

punktmechanik. Damit wurde die qualitative Vielfalt wirklicher Prozesse auf die bis dahin bekannten und von der klassischen Mechanik erklärten Prozesse zurückgeführt. Solche Versuche, eine einheitliche Physik zu erreichen, die vielleicht sogar eine einheitliche Naturtheorie überhaupt darstellt, gab es mehrere. Genannt seien nur die elektrodynamische Erklärung aller Prozesse, die Einsteinsche allgemeine Feldtheorie und die Geometrodynamik. Damit sind wir bereits im Bereich moderner Theorien und ihrer philosophischen Probleme. Der heuristische Wert von Versuchen, allgemeine Theorien zu bilden, ist unbestritten und hat schon manchen Teilerfolg gebracht. Es geht doch dabei um die Erforschung tieferliegender allgemeiner Gesetzmäßigkeiten physikalischen Verhaltens. Gerade deshalb ist auch die Analyse solcher Versuche für den Philosophen interessant, weil er mit der Dialek-[102]tik des realen Erkenntnisprozesses konfrontiert wird und bei der Lösung erkenntnistheoretischer Probleme philosophische Erkenntnisse über die objektive Naturdialektik fruchtbar machen kann. Viele der modernen Ansätze für einheitliche Theorien betreffen das Verhältnis von Kosmologie und Elementarteilchenphysik, deren Erkenntnisse gegenseitig fruchtbar gemacht werden sollen. Einige der dabei auftauchenden philosophischen Probleme sollen hier erläutert werden.

Beziehungen zwischen Kosmologie und Elementarteilchenphysik

Für den Zusammenhang von Kosmologie und Elementarteilchenphysik gibt es eine Reihe von Argumenten. Viele Nachrichten aus dem Kosmos erhalten wir über die Elementarteilchen, und die kosmische Materie besteht aus Elementarteilchen. Auch Vorgänge innerhalb der Sterne, die Sternentstehung und -vernichtung können nur mit Hilfe von Vorstellungen aus der Elementarteilchenphysik erklärt werden. Insofern gehen in die theoretischen Grundvorstellungen der Kosmologie auch Annahmen aus der Elementarteilchenphysik ein. Am Beispiel der Vorstellungen von den quarks macht Iwanenko auf diesen Zusammenhang aufmerksam. Wenn man die quarks als Teilchen betrachtet, dann können sie im expandierenden Weltall die Rolle der Urteilchen und des Urstoffs gespielt haben, aus denen dann sich erst die Neutronen und Protonen synthetisiert haben. Innerhalb massiver Sterne müssen nach Iwanenko und anderen superschwere quarks sich befinden. „Das Plasma der quarks“, schreibt er, „innerhalb solcher Sterne kann durch Reaktion einen Beitrag zur Strahlung beispielsweise der Quasare leisten, wenn man sie als supermassive Objekte modelliert, mit einer gewaltigen, bis heute nicht erklärten Helligkeit.“³⁵ Unabhängig davon, ob solche Hypothesen bestätigt werden oder nicht, so verweisen sie doch auf die theoretische Beziehung zwischen Vorstellungen der Elementarteilchenphysik und der Kosmologie. Deshalb fordert Iwanenko auch die theoretischen und experimentellen Physiker auf, die Grundprobleme der Gravitation, der Raum-Zeit und der Materiestruktur zu lösen, wobei die quark-Modelle zu berücksichtigen wären.³⁶

Ein wesentliches Argument für die Beziehung zwischen Elementarteilchenphysik und Kosmologie ist die Universalität der Gravi-[103]tation. Jede grundlegende physikalische Theorie, die etwas über den Charakter der physikalischen Wechselwirkung aussagen will oder gar, wie die Heisenbergsche einheitliche Feldtheorie der Elementarteilchen, den Gedanken zugrundelegt, daß alle Wechselwirkung aus einer einheitlichen Wurzel stamme, muß auch die Gravitation erklären. Aber hier wird schon der qualitative Unterschied zwischen kosmischen und Elementarteilchenwechselwirkungen deutlich. Treder schreibt dazu: „Die dynamischen Verhältnisse aller kosmischen Systeme ... werden durch die gravische Wechselwirkung zwischen den Gliedern dieser Systeme bestimmt. Auch die Struktur der verschiedenen Himmelskörper wird wesentlich durch ihr eigenes Schwerfeld bedingt. Diese überragende Bedeutung der Gravitation im Kosmos steht im Gegensatz zu der völlig untergeordneten Rolle, die die gravische Wechselwirkung im atomaren und subatomaren Bereich und somit für die Struktur der Materie

³⁵ D. D. Iwanenko, Vorwort zu J. Kokkedee, Das Quark-Modell, Moskau 1971, S. 27.

³⁶ Ebenda, S. 30.

spielt.“³⁷ Während die starke Wechselwirkung der Elementarteilchen eine Kontaktwechselwirkung ist, handelt es sich bei der Gravitation um weitreichende Wechselwirkungen, die die globalen Raum-Zeit-Strukturen bedingen. Treder spricht von einer „Hierarchie der Raum-Zeit-Vorstellungen in der Physik“. „Diejenige Raum-Zeit-Mannigfaltigkeit“, schreibt er, „die die irdische mikroskopische Physik verwendet, ist die der speziell-relativistischen Minkowski-Welt. Für die Behandlung von astronomischen Systemen, bei denen das Gravitationsfeld eine bedeutende Rolle spielt, ist eine Riemannsche Geometrie einzuführen, die in kleinen Bereichen mit der Minkowski-Geometrie zusammenfällt. Schließlich verlangt die Kosmologie die Untersuchungen der Globalstruktur von vierdimensionalen Räumen, deren lokale Eigenschaften durch eine Riemann-Einsteinsche Geometrie gegeben sind.“³⁸ Dieser Gedanke von der Stufung der Raum-Zeit-Vorstellungen, die nach Treder durch die Raum-Zeit der Elementarteilchen vielleicht ergänzt wird, bringt ebenfalls die angedeutete Beziehung zwischen innerem Zusammenhang und relativer Selbständigkeit qualitativ verschiedener physikalischer Systeme zum Ausdruck. Die gestuften Vorstellungen sind danach Widerspiegelungen objektiver Raum-Zeit-Strukturen in verschiedenen Systemen, die durch die inneren Bedingungen dieser Systeme wesentlich bestimmt sind. Das würde auf viele spezielle Raum-Zeit-Theorien hindeuten. Der innere Zusammenhang zwischen den verschiedenen Systemen wird jedoch durch die Gravitation als universelle Wechselwirkung hergestellt, weshalb eine mit ihr verbundene Raum-Zeit-Theorie allgemeineren Charakter [104] als die anderen Theorien haben könnte. Das Verhältnis von allgemeinen und speziellen Theorien ist damit nicht nur ein Maßstab für unser tieferes Eindringen in die grundlegenden physikalischen Gesetzmäßigkeiten, wobei allgemeinere Theorien durch ihre umfassendere Gültigkeit tieferliegende Gesetzmäßigkeiten zum Ausdruck bringen, sondern auch eine Widerspiegelung der qualitativen Unterschiede zwischen physikalischen Prozessen. In die Kontaktwechselwirkung zwischen Elementarteilchen geht die globale Raum-Zeit-Struktur nur unwesentlich ein, jedoch konstituieren im Kosmos Elementarteilchenprozesse erst globale Strukturen, die wieder der raum-zeitliche Rahmen für lokale Prozesse sind. Wir stoßen damit auf mehrere philosophische Probleme. Sie reichen von den erkenntnistheoretischen Fragen nach der Existenz relativ isolierter Systeme als wesentlicher Voraussetzung für die Erkenntnis und den Möglichkeiten einer allgemeinen Raum-Zeit-Theorie über die Beziehung von Raum-Zeit-Strukturen und materiellen Prozessen in relativ selbständigen Systemen physikalischer Vorgänge bis zur materiellen Nah- und Fernwirkung, wie sie in der starken Wechselwirkung der Gravitation existieren.

Wenn wir die genannten Argumente für den Zusammenhang von Elementarteilchenphysik und Kosmologie ernst nehmen, dann könnte man zu dem Schluß kommen, daß eine einheitliche Physik für das Verhalten der Elementarteilchen und der kosmischen Objekte möglich ist. Die wissenschaftshistorischen Erfahrungen und die philosophischen Erkenntnisse über die Unerschöpflichkeit der materiellen Objekte und Prozesse zwingen jedoch zu einer gewissen Skepsis. Zwar ist die physikalische Erkenntnis immer tiefer in das Wesen physikalischer Prozesse eingedrungen und hat dabei allgemeine Beziehungen entdeckt und allgemeine Theorien entwickelt, aber eine einheitliche Physik im Sinne einer einheitlichen Theorie mit einer oder wenigen Grundannahmen und Grundgleichungen existiert bisher noch nicht. In der Theoriebildung wird die philosophisch erkannte Unerschöpflichkeit der Objekte und Prozesse gewissermaßen als unwesentliche Randbedingung berücksichtigt, deren Einfluß jedoch zu eliminieren ist. Wenn bisher von relativ isolierten Systemen gesprochen wurde, dann zeigt sich ein Aspekt der Unerschöpflichkeit in der Relativität dieser Isolierung, denn jedes dieser Systeme physikalischen Geschehens, seien es starke oder schwache Wechselwirkungen zwischen Elementarteilchen unter bestimmten Bedingungen, seien es Atome oder kosmische Objekte,

³⁷ H. J. Treder, *Relativität und Kosmos*, Berlin 1968, S. 21.

³⁸ Ebenda, S. 8.

weist immer wieder Effekte auf, die auf Einwirkungen von außen [105] zurückzuführen sind. So werden Zentrifugal- und Corioliskräfte im rotierenden Koordinatensystem durch die Einwirkung der nicht mit dem System rotierenden entfernten Massen erklärt. In diesem Sinne könnten auch Effekte im Elementarteilchenbereich auf die Einwirkung des Kosmos zurückgeführt werden. Wichtig ist es jedoch, diese Randbedingungen, nämlich allgemein gesprochen, die Unerschöpflichkeit kosmischer Objekte und Prozesse in ihrer Beziehung zu den Elementarteilchen theoretisch faßbar zu machen.

Ein anderer Aspekt der Unerschöpflichkeit (in der Tiefe) ist die mögliche Existenz von Fundamentarteilchen, tieferliegenden Symmetrien und bisher nicht bekannter Beziehungen im System selbst, was ebenfalls bisher nicht erklärte Effekte bewirken kann. In dieser Richtung argumentierten die Physiker, die den Zerfall des neutralen Kaons in zwei Pionen und die damit verbundene Nichterhaltung der CP-Invarianz bei schwachen Wechselwirkungen auf eine bisher nicht bekannte ultraschwache Wechselwirkung zurückführten. Die Unerschöpflichkeit der Materie geht in die Theorienbildung direkt ein, wenn offene Systeme betrachtet werden. Sie ist jedoch dann durch die exakte Feststellung der Randbedingungen zu eliminieren. Meist wird sie direkt eliminiert, indem relativ isolierte Systeme in der Theorie als absolut isoliert angenommen und äußere Wechselwirkungen durch Systemerweiterungen erfaßt werden. Insofern kann der unerschöpfliche Kosmos nur schwer in seiner Wirkung für die Elementarteilchenprozesse erfaßt und in die Theorie eingebaut werden. Die Unerschöpflichkeit wird gerade bei der Erweiterung der Theorie und beim Aufbau neuer Theorien deutlich. Versuche, die Elementarteilchentheorie mit der Kosmologie zu verbinden, müssen deshalb von philosophischer Seite auch unter dem Aspekt der möglichen Theorienbildung untersucht werden. Vor allem ist es für die philosophische Interpretation entsprechender theoretischer Ansätze wichtig, zu bestimmen, was unter ‚Kosmos‘, ‚Weltall‘, ‚Universum‘ überhaupt zu verstehen ist. Wie wir sehen werden, können damit verschiedene Auffassungen verbunden sein.

Aus der Fülle der sich abzeichnenden philosophischen Probleme im Verhältnis von Elementarteilchenphysik und Kosmologie wollen wir einige herausgreifen, um sie etwas genauer zu charakterisieren, ihre Bedeutung für bestimmte physikalische Konzeptionen aufdecken und mögliche philosophische Lösungstendenzen zeigen. Dabei haben die philosophischen Äußerungen solange den Charakter von Hypothesen, solange das analysierte physikalische Material [106] hypothetisch ist. Zuerst müssen die Vorstellungen bestimmt werden, die mit den Begriffen ‚Kosmos‘ und ‚Elementarteilchen‘ verbunden werden, weil dann erst genauer gesagt werden kann, was die Forderung nach allgemeinen physikalischen Theorien, nach der Einheit der Physik bedeutet. Dann kann die mit der These von der Raum-Zeit als Existenzform der Materie verbundene Problematik aufgedeckt und das Verhältnis von Nah- und Fernwirkung behandelt werden.

‚Elementarteilchen‘, ‚Kosmos‘ und die Unerschöpflichkeit der Materie

Auf die mit der Theorienbildung in der Physik verbundene erkenntnistheoretische Problematik, die durch die Einbeziehung der philosophischen Erkenntnis von der Unerschöpflichkeit der materiellen Objekte und Prozesse im Kosmos und im Elementarteilchenbereich entsteht, wurde bereits hingewiesen. Sie drückt sich auch in verschiedenen Auffassungen über den Kosmos und die Elementarteilchen aus. Im allgemeinen werden dabei die Begriffe ‚Kosmos‘, ‚Weltall‘, ‚Universum‘ synonym gebraucht. Selsmanow unterscheidet nun drei Begriffe des Universums. Er spricht vom ‚Universum im Ganzen‘, vom ‚Universum als Ganzes‘ und vom ‚gesamten Universum‘. Unter dem ‚Universum im Ganzen‘ versteht er das Universum als einheitliches Objekt, ohne Bezug auf seine Teile. Das ‚Universum als Ganzes‘ ist die Beziehung des Universums im Ganzen zu jedem seiner Teile und jedes Teils zu ihm. Das ‚gesamte Universum‘ bedeutet alle Gebiete des Universums, ohne Bezug auf das Ganze und auf die

anderen Gebiete.³⁹ Hier geht es um die Beziehung des Universums als Ganzes und im Ganzen zu den Bereichen des Universums. Diese Unterscheidung ist wichtig für die physikalische Erkenntnis, weil sie die Bezugsebene von Aussagen formuliert. Selmanow betont, daß die Kosmologie nicht nur Theorie aller Beobachtungen über die Teile des Universums sein kann, da kein Teil isoliert vom anderen existiert und die Kosmologie mit ihren theoretischen Schlußfolgerungen über die Teile des Ganzen hinausgehen muß. Für das Universum als Ganzes kann es nach ihm keine physikalische Theorie, sondern nur eine Lehre geben, die auf grundlegenden physikalischen Theorien und auch auf philosophischen Prinzipien, aber nicht auf empirischen Ergebnissen basiert. Als Wahrheitskriterium für die Schlüsse aus dieser Lehre [107] betrachtet er ihre Erhaltung beim Wechsel grundlegender physikalischer Theorien. Kosmologie ist nach ihm die physikalische Lehre über das Universum als Ganzes, die in sich die Theorie der durch astronomische Beziehungen erfaßten Welt als der Teile des Universums einschließt. Die Entwicklung der Kosmologie ist durch die Gravitationstheorien bestimmt, nämlich in der ersten vorrelativistischen Etappe, die das Universum als aus Sternen bestehend betrachtete, durch die Newtonsche Gravitationstheorie und in der zweiten relativistischen Etappe, in der das Universum als aus Galaxien bestehend angesehen wird, durch die Allgemeine Relativitätstheorie. Selmanow sieht eine dritte Etappe als möglich an, die mit der Schaffung einer allgemeinen physikalischen Theorie verbunden sein könnte. Dabei würde eine Unzulänglichkeit der bisherigen Kosmologie überwunden werden, die für das Universum als Ganzes, das als einziges Exemplar existiert, eine Vielzahl von Modellen angibt, weil die grundlegenden physikalischen Theorien in Differentialgleichungen ausgedrückt sind. Nach ihm ist es nicht ausgeschlossen, daß die allgemeinste physikalische Theorie nicht aus Differentialgleichungen besteht, sondern Prinzipien formuliert, die solche Gleichungen für beliebige zugelassene Einzelfälle aufzustellen erlauben.

Um die Aufgaben der Kosmologie aus philosophischer Sicht betrachten zu können, ist es erst einmal wichtig, die verschiedenen Inhalte des Begriffs ‚Kosmos‘ oder ‚Universum‘ zu berücksichtigen. Viele der Diskussionen um die Unendlichkeit der Raum-Zeit und die Unererschöpflichkeit der materiellen Objekte und Prozesse entstanden aus Unklarheiten darüber. Wird nämlich ein Modell des Universums aufgestellt, so umfaßt das Modell wesentliche Seiten des abgebildeten Objekts, die bisher in der Beobachtung festgestellt werden konnten und nun extrapoliert werden. Die Extrapolation von Strukturen eines materiellen Bereichs mit eigenen Systemgesetzen liefert jedoch kein Modell für die Unererschöpflichkeit der Objekte und Prozesse. Bekanntes wird auf Unbekanntes ausgedehnt, wobei die richtige Erkenntnis von Systemgesetzen zu theoretischen Voraussagen führen kann. Eine Reihe von kosmischen Erscheinungen, wie die Quasare und Pulsare, sind jedoch erst durch Experimente gefunden worden und stellten die Theorie vor Rätsel. Mit der philosophischen These von der Unererschöpflichkeit der Objekte und Prozesse werden bisherige Erkenntnisse verallgemeinert, wie die vom objektiven Zusammenhang, die besagt, daß es keinen Bereich materieller Prozesse gibt, der nicht mit anderen [108] Bereichen durch materielle Wechselwirkung verbunden wäre. Der objektive Zusammenhang ist also kein gleichzeitiger universeller Zusammenhang, nach dem gleichzeitig und in jeder Beziehung alles mit allem zusammenhängt. Es gibt relativ isolierte Systeme mit eigenen Systemgesetzen, in denen die Unererschöpflichkeit sich einmal durch äußere Einwirkungen und durch sie im System hervorgerufene Effekte ausdrückt und zum anderen durch den Übergang zu neuen Beziehungen oder tieferen Niveaus im System. Für die Kosmologie verlangt das die Berücksichtigung von Effekten im Modell, die durch äußere Einwirkungen hervorgerufen werden, was mit der Entwicklung offener Modelle des Weltalls gleichzusetzen wäre. Geschlossene Modelle verzichten von vornherein durch Abstraktion und Idealisierung auf die Berücksichtigung dieses Aspekts der Unererschöpflichkeit,

³⁹ Erkenntnistheorie und moderne Physik, Moskau 1972, S. 143.

weshalb sie aber auch nicht als Beweis gegen die philosophische Erkenntnis von der Unererschöpflichkeit genommen werden können. Der Übergang zum tieferen Niveau wird dann interessant, wenn wir an die Grenzen unserer bisherigen Erkenntnisse über das tiefste Niveau gekommen sind, nämlich zu den Elementarteilchen, dann gilt es sorgsam die physikalischen Hypothesen über Fundamentarteilchen, neue Beziehungen usw. zu analysieren. Aber auch hier gilt wieder, daß die bisherigen Forschungen ergeben, daß nicht qualitativ identische kleinste Teilchen die unteilbaren Grundbausteine physikalischen Geschehens sind, deren quantitative Beziehungen die Vielfalt physikalischer Objekte erklärt, wie etwa die Atomisten annahmen. Die Atome erwiesen sich als teilbar, und die Elementarteilchen sind keineswegs qualitativ gleichartig. Sie sind nicht nur durch Ausdehnung charakterisiert, sondern besitzen weitere qualitative Merkmale. Die Feststellung von Descartes, was ausgedehnt ist, ist auch teilbar, versagt hier im einfachen räumlichen Sinne des räumlich größeren Ganzen und des räumlich kleineren Teils, weil bei den Umwandlungen der Elementarteilchen sie selbst nur als räumlicher Maßstab genommen werden können und die Zerfallsprodukte bei Elementarteilchenreaktionen selbst wieder Elementarteilchen sind. Entscheidend ist also nicht mehr die räumliche Teilung. Überhaupt muß überprüft werden, was unter Raum zu verstehen ist. Die Hypothese der quarks ist z. B. ein Versuch, auf die Teilung von Quantenzahlen auszuweichen, um tiefere Niveaus, eben die Fundamentarteilchen der Elementarteilchen zu bestimmen. Es gibt auch noch andere physikalische Hypothesen, um die Unererschöpflichkeit in die Tiefe in die physikalische Betrachtung faßbar, d. h. mit definierten Rand-[109]bedingungen und damit als Grenzüberschreitung des bisher Bekannten einzubeziehen.

Mit dem Hinweis auf die qualitative Vielfalt der materiellen Objekte und Prozesse ist ein weiterer Aspekt der Unererschöpflichkeit genannt. Der objektive Zusammenhang ist ein Zusammenhang von qualitativ unterschiedlichen Objekten und Prozessen, die sogar verschiedene Organisations- und Entwicklungsstufen in der Systementwicklung repräsentieren, wobei ein genetischer Zusammenhang zwischen ihnen besteht. Der objektive Zusammenhang ist also ein prozessualer, oder anders ausgedrückt: Die Bewegung ist Daseinsweise der Materie. Der Zusammenhang zwischen Objekten und Prozessen zeigt sich in ihrer Umwandlung ineinander, wie bei den Elementarteilchen und in der Entstehung neuer und höherer Qualitäten. Aus dieser philosophischen Sicht ist der Kosmos nicht nur ein räumlich strukturiertes Gebilde, sondern es müssen besonders die qualitativen Besonderheiten bestimmter Teile des Kosmos, die der Beobachtung und der Forschung unterliegen, untersucht werden. Hier liegen m. E. auch bestimmte Grenzen für globale Theorien des Kosmos, wenn sie nur als Raum-Zeit-Theorien verstanden werden. Sie sind damit einerseits Rahmentheorie für materielles Geschehen, das sich immer unter raum-zeitlichen Bedingungen vollzieht, andererseits erweist sich aber die Raum-Zeit wesentlich durch das materielle Geschehen bestimmt, was globale Raum-Zeit-Theorien zu Theorien überhaupt möglicher Raum-Zeit-Strukturen macht, deren Bestimmtheit in materiellen Bereichen sich erst durch die qualitative Bestimmtheit des materiellen Geschehens dort ergibt. Insofern sind philosophisch auch solche Idealisierungen wie Homogenität und Isotropie des Raumes zu analysieren und ihr begrenzter Charakter aufzudecken. Idealisierungen haben für die Theorienbildung große Bedeutung, weil sie erlauben, wesentliche Aspekte der abzubildenden Objekte und Prozesse zu erfassen. Sie bringen jedoch Schwierigkeiten für die philosophische Interpretation mit sich, wenn sie nicht als Idealisierungen erkannt werden. So hatten wir prinzipiell zwischen zwei Auffassungen des Kosmos, des Universums und des Weltalls unterschieden, zwischen dem unerschöpflichen, Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft umfassenden Kosmos oder der unerschöpflichen Materie (K_1) und dem von uns erkannten Kosmos und den dazu gehörenden Extrapolationen auf bisher unbekannte Bereiche (K_2). Die physikalische Theorie befaßt sich mit K_2 , während die Philosophie sich mit den Wechselbeziehungen von K_2 auf K_1 beschäftigt. Es wäre falsch [110] anzunehmen, eine wissenschaftliche Philosophie könnte, unabhängig von den Erkenntnissen über K_2 , Aussagen über K_1 machen. Das wären Spekula-

tionen und keine wissenschaftlich begründeten Hypothesen. Gerade die Feststellung jedoch, daß es sich bei K_1 um die unerschöpfliche Materie handelt und nicht einfach um globale Raum-Zeit-Theorien, gibt der wissenschaftlichen Philosophie das Recht unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aller Wissenschaften und der darin verallgemeinerten menschlichen Erfahrung, eine wissenschaftliche Weltanschauung zu begründen, in der auch Antworten auf die Fragen nach dem Ursprung der Welt und der Quelle des Wissens sowie der Stellung des Menschen in der Welt gegeben werden. In der weltanschaulichen Auseinandersetzung mit dem Idealismus und dem mechanischen Materialismus bewährt sich hier die marxistisch-leninistische Philosophie mit ihren Auffassungen vom Primat der Materie gegenüber dem Bewußtsein, vom objektiven Zusammenhang, von der Bewegung als Daseinsweise der Materie und von der Unererschöpflichkeit der Materie. Gerade die letztere, weltanschaulich bedeutsame Erkenntnis wurde in ihrer Wechselbeziehung zwischen den Erkenntnissen der Physik zu K_2 und den Aussagen der Philosophie über K_1 betrachtet. Der Übergang von der physikalischen zur philosophischen Aussage erfordert die Analyse der für die physikalische Theorie notwendigen Idealisierungen und die Berücksichtigung der Ergebnisse aller anderen Wissenschaften.

Deshalb kann auch nicht, von der philosophischen Erkenntnis ausgehend, eine Strukturaussage über das materielle Geschehen ohne erneute Idealisierung und Abstraktion von anderen Erkenntnissen gewonnen werden. Betrachten wir dazu die mit dem Begriff K_2 manchmal vorgenommene Einschränkung auf Raum-Zeit-Strukturen. Schließt man von der These der Unererschöpflichkeit der Materie über die Annahme der Raum-Zeit als Existenzform der Materie auf die Unendlichkeit des Raumes und daraus auf eine Struktur des physikalischen Raumes, die grenzenlos ist, so haben die Allgemeine Relativitätstheorie und die Existenz nicht-euklidischer Geometrien gezeigt, daß Grenzenlosigkeit kein ausreichendes Charakteristikum der Unendlichkeit ist. Die Existenz grenzenloser endlicher Modelle des Weltalls hebt aber die philosophische Einsicht in die Unererschöpflichkeit der Materie bezüglich des Raumes nicht auf. Berücksichtigt man den Zusammenhang des Raumes mit der Zeit und die mögliche Auffassung des Raumes als Struktur überhaupt, dann verlangt die Erkenntnis der Unererschöpflichkeit [111] der Materie gerade nicht die Existenz eines *in bestimmter Weise* raum-zeitlich strukturierten Universums, sondern die Analyse der unerschöpflich vielen raum-zeitlichen Strukturen in Theorien, die immer tiefer in das Wesen der Raum-Zeit-Strukturen eindringen, was vielleicht zur Entwicklung einer allgemeinen Raum-Zeit-Theorie führt, die nicht mit der globalen kosmischen Theorie zu verwechseln wäre, sondern die die Einheit von qualitativen Besonderheiten materieller Prozesse mit globalen Raum-Zeit-Strukturen über die Hervorhebung der für diesen materiellen Bereich spezifischen Raum-Zeit-Strukturen herstellt. Die philosophische These von der Unererschöpflichkeit der Materie verlangt also Erkenntniskritik bisher existierender Raumtheorien und damit die Untersuchung der möglichen Erweiterung und Verallgemeinerung dieser Theorien.

Mit dem tieferen Eindringen in die Gesetzmäßigkeiten von K_2 leistet die Kosmogonie einen wichtigen Beitrag zur wissenschaftlichen Fundierung philosophischer Thesen über die Wechselbeziehungen von K_1 und K_2 , aber ebenso tragen alle anderen Wissenschaften zu Einsichten über die Wechselbeziehungen der von ihnen erforschten Bereiche mit K_1 bei. Es wäre deshalb falsch, anzunehmen, die Philosophie könne sich bei ihren Aussagen über Materie, Bewegung, Raum und Zeit allein auf die Kosmologie stützen. Sonst müßte die Kosmologie als eine universelle Natur- oder Welttheorie überhaupt angelegt sein, was sie dann aber von einer Spezialwissenschaft zur Philosophie machen würde, wobei noch zu klären wäre, ob es sich dabei um eine wissenschaftliche Philosophie handeln würde. In dieser Richtung gibt es Versuche, umfassendere physikalische Theorien aufzubauen, die zwar noch nicht diesen umfassenden philosophischen Charakter angenommen haben, aber doch mit vielen philosophischen Voraussetzungen arbeiten, die man analysieren muß.

Hier sei noch einmal festgehalten, daß die Bestimmung der Begriffe ‚Kosmos‘ und ‚Elementarteilchen‘ mit Vorstellungen über die Unerschöpflichkeit der Materie verbunden ist. Wenn jedes Elementarteilchen so strukturiert wäre, daß alle Beziehungen mit dem Kosmos wesentlich in sein Verhalten eingingen, dann müßte erst eine umfassende Kosmologie existieren, ehe eine Elementarteilchentheorie möglich wäre. Sie müßte außerdem nicht eine Theorie über K_2 , sondern über K_1 sein. Die Erkenntnistheorie zeigt jedoch, ausgehend von philosophischen Erkenntnissen über die objektive Dialektik von System und Element, daß in der objektiven Realität relativ isolierte Systeme mit eigenen Systemgesetzen existieren, die es zu untersuchen gilt. So wie mit den bestimmten Theorien die qualitative Vielfalt materiellen Geschehens erfaßt wird, ist in anderen der genetische und strukturelle Zusammenhang zwischen qualitativ verschiedenen Systemen zu erfassen. Die Kosmologie befaßt sich mit dem umfassenden System und die Elementarteilchenphysik mit den bisher bekannten, nicht weiter reduzierbaren Elementen. Beide Pole unserer Erkenntnis über die Struktur des materiellen Geschehens, wobei der eine die Bestandteile aller materiellen Prozesse betrifft (Elementarteilchen) und der andere die Systembedingungen materiellen Geschehens überhaupt (Kosmos), sind mit der Unerschöpflichkeit der Materie verbunden. Elementarteilchenphysik und K_2 sind eingebettet in K_1 , was sich in verschiedener Hinsicht zeigt. Da Elementarteilchenprozesse eine Geschichte haben, deren Etappen sich in der Entwicklung der kosmischen Objekte manifestieren, können, wenn die Vorstellungen über die Quarks stimmen, superschwere Quarks in Sternen gefunden werden. Neu erkannte Elementarteilchenreaktionen können Hinweise auf kosmische Vorgänge geben. Der von uns bisher untersuchte K_2 mit seiner Expansion kann ein Teil des K_1 sein, neben dem viele andere K_2 existieren, deren Wechselwirkungen mit unserem K_2 nur noch nicht erkannt sind. Es geht also nicht darum, derzeitigen Auffassungen über Elementarteilchen und Kosmos nur die philosophische These von der Unerschöpflichkeit der Materie entgegenzuhalten, sondern alle Ansätze philosophisch zu analysieren, die im Interesse der weiteren Erkenntnis über derzeitige Theorien hinausgehen und sich dabei auf bisher nicht erklärte Experimente und wissenschaftliche Hypothesen stützen. Die dabei gewonnenen philosophischen Einsichten haben selbstverständlich hypothetischen Charakter, solange die analysierten Theorien nicht durch die Praxis bestätigt sind. In diesem Sinne sollen nun einige Versuche betrachtet werden, den Zusammenhang zwischen Elementarteilchenphysik und Kosmologie zur Aufstellung allgemeiner physikalischer Theorien zu nutzen.

Existiert die Einheit der Physik?

Schon Einstein hatte versucht, eine allgemeine physikalische Theorie mit seiner einheitlichen Feldtheorie zu entwickeln. Er hatte keinen Erfolg, aber der Gedanke an eine Theorie, die die Einheit [113] der Physik zum Ausdruck bringen soll, blieb bestehen. Heisenberg schreibt: „In der Gegenwart ist das zentrale Problem der theoretischen Physik die mathematische Formulierung des Naturgesetzes, das dem Verhalten der Elementarteilchen zugrunde liegt. Wir schließen aus der experimentellen Situation, daß eine befriedigende Theorie der Elementarteilchen gleichzeitig eine Theorie der Physik im allgemeinen sein muß; damit auch alles dessen, was zu dieser Physik gehört.“⁴⁰ Dabei geht Heisenberg davon aus, daß die Elementarteilchen Grundbausteine aller physikalischen Prozesse sind. Da die Teilchen aber nicht an sich existieren, sondern die Wechselwirkungen zwischen ihnen notwendiger Bestandteil der Existenz der Teilchen sind, müssen Angaben über den Ursprung der Wechselwirkung und ihre äußeren Bedingungen in die Theorie aufgenommen werden. Das macht Heisenberg, indem er kosmologische Ideen mit ausnutzt. So nimmt er an, daß ein nicht vollständig symmetrischer Grundzustand ‚Welt‘ existiert. Er betont, „die Welt ist wahrscheinlich ganz unsymmetrisch. Aber diese Unsymmetrie kann sich in den Eigenschaften der Elementarteilchen nur geltend

⁴⁰ W. Heisenberg, Schritte über Grenzen, München 1971, S. 236.

machen, wenn Kräfte langer Reichweite eine Rolle spielen und eine völlige Trennung der Teilchen von der übrigen Welt verhindern.“⁴¹ Die hier aufzubauende Theorie der Elementarteilchen wäre in Ansätzen auch eine Kosmologie, da sie Grundaussagen über die Struktur des Kosmos enthält.

Andere Ansätze zu einheitlichen Theorien gehen den entgegengesetzten Weg. Sie wollen eine rein geometrische Theorie der physikalischen Prozesse schaffen. Danach gibt es nichts in der Welt, außer dem leeren gekrümmten Raum. Physikalische Objekte, Ladungen usw. sind danach nur Manifestationen der Krümmung des Raumes. Physik ist Geometrie. Dieser auf Einstein zurückgehende Gedanke war später die Grundlage für die von Wheeler, Misner u. a. begründete Geometrodynamik. Sie geht nicht von den Elementarteilchen, sondern von der Raum-Zeit-Struktur aus, um eine einheitliche physikalische Theorie zu begründen.

Aber auch auf die Schwierigkeiten, überhaupt eine einheitliche Theorie aufzubauen, wird verwiesen. So macht Ambarzumjan auf die neue Qualität kosmischer Vorgänge aufmerksam. Er betont, daß jedem Niveau der materiellen Welt eigene Gesetzmäßigkeiten zukommen. Obwohl die kosmischen Objekte aus Elementarteilchen bestehen, können nach ihm im Kosmos solche Eigenschaften der Elementarteilchen auftreten, die unter irdischen Bedingungen nicht feststellbar sind. Die weitere Physik wird zwar allgemeinere Theorien hervorbringen, aber die Vielzahl physikalischer Erscheinungen kann nach Ambarzumjan nicht durch eine kleine Anzahl von Grundgesetzen beschrieben werden. Er betont die Idee von der Vielfalt der Natur auch auf dem Gesetzesniveau.⁴²

Wenn wir philosophisch unter Materiestruktur die Gesamtheit der Beziehungen zwischen materiellen Objekten verstehen, dann können wir als Materiearten die Gesamtheit der von der Wissenschaft untersuchten materiellen Objekte, bezogen auf ihre allgemeinen Eigenschaften, die sie zu großen Gruppen zusammenfassen lassen, bezeichnen. Die Materiearten stehen im objektiven Struktur-, Bewegungs- und Entwicklungszusammenhang, wobei wir diese Beziehungen zwischen den materiellen Objekten als Existenzform der Materie oder Materieform bezeichnen können. Sie werden philosophisch in den Kategorien Bewegung, Zusammenhang, Raum-Zeit und Entwicklung zusammengefaßt. Ob dabei die Raum-Zeit eine selbständige Materieform ist, muß noch geklärt werden. Es existieren weiter eine Vielzahl von Zusammenhangs-, Bewegungs- und Entwicklungsformen, worauf hier nicht eingegangen werden kann. Der Versuch, eine einheitliche physikalische Theorie aufzubauen, wird nun offensichtlich sowohl unternommen, indem von einer Materieart, den Elementarteilchen, ausgegangen wird, als auch, indem eine Existenzform der Materie, die Raum-Zeit, als Grundlage dient. In beiden Fällen ist es wichtig, den inneren Zusammenhang der Materiestruktur als Einheit von Materiearten und Materieformen zu erfassen. In der Heisenbergschen Theorie geschieht es durch Grundannahmen über den entarteten Grundzustand und die indefinite Metrik, was wiederum zu theoretischen Schwierigkeiten führt. In der Geometrodynamik und später besonders in der Quantengeometrodynamik tritt die Frage nach der Verbindung der Materieform mit den Materiearten auf, die in verschiedener Hinsicht hergestellt werden kann. So wird das Quant des Gravitationsfeldes, das Graviton, als Teilchen betrachtet oder die Krümmung des Raumes ist keine Materieform mehr, sondern selbst universelle Materieart. Ambarzumjan kann dieser Problematik durch seine dialektisch-materialistische Fassung der Erkenntnis von der Einheit der materiellen Welt ausweichen, aber auch er betont die Rolle allgemeiner Theorien, ohne jedoch in die Illusion einer allumfassenden einheitlichen physikalischen Theorie zu verfallen.

Interessant ist, daß auch Heisenberg bei der Begründung seiner Auffassung auf einige Schwierigkeiten beim Aufbau einer einheitlichen Theorie verweist. Er diskutiert die

⁴¹ W. Heisenberg, Einführung in die einheitliche Feldtheorie der Elementarteilchen, Stuttgart 1967, S. 39.

⁴² Lenin und die moderne Naturwissenschaft, Moskau 1969, S. 238.

Beziehungen seiner Feldtheorie zu anderen Teilen der Physik und beantwortet die Frage, ob sich alle physikalischen Gesetze aus dem grundlegenden Gesetz ergeben. In der Antwort hebt er erstens hervor, daß mit Grundgleichungen nicht alle Probleme gelöst werden. Er vergleicht die Situation mit der Rolle der Quantenmechanik in der Chemie. Da Atome und Moleküle aus Elektronen und Kernen bestehen, umfassen die Grundgleichungen der Quantenmechanik die ganze Chemie, ohne alle chemischen Probleme zu lösen. In diesem Sinne umfassen auch die Grundgleichungen der Elementarteilchentheorie alle materiellen Prozesse, da sie alle aus Elementarteilchen bestehen. Insofern ist nach Heisenberg die einheitliche Feldtheorie der Elementarteilchen der Rahmen für alle physikalischen Phänomene. Diese Antwort besagt nicht weniger, als die Anerkennung der qualitativen Besonderheiten komplexer Phänomene, die Systeme mit eigenen Systemgesetzen darstellen. Damit wird die Elementarteilchentheorie keine Kosmologie. Sie liefert aber, wie schon mehrmals betont, physikalische Grundlagen zur Erklärung von kosmischen Prozessen. Zweitens meint Heisenberg, „daß die Grundgleichung die Gesetze in den anderen Teilen der Physik keineswegs vollständig bestimmt. Zum Beispiel folgen die elektromagnetischen Gesetze nicht aus der Gleichung allein, es sei denn, man fügt besondere Annahmen über die Unsymmetrie des Grundzustandes, d. h. über das kosmologische Modell der Welt zur Gleichung hinzu. In ähnlicher Weise sind wahrscheinlich die Radioaktivität und die Gravitation in ihrer speziellen Gesetzmäßigkeit mit der Struktur der Welt in großen Dimensionen verknüpft. Die Grenzbedingung, die den Grundzustand betrifft, ist noch bis zu einem gewissen Grad flexibel, sie muß an die wirkliche Welt angepaßt werden, und diese Anpassung ist keineswegs trivial.“⁴³ Die einheitliche Feldtheorie Heisenbergs ist zwar eine Elementarteilchentheorie, aber sie geht nicht in erster Linie von den bisherigen Beobachtungen über bestimmte Wechselwirkungsarten aus, sondern will die innere Ordnung der Welt, die Ursache der Wechselwirkung überhaupt, bestimmen. Dabei zeigt es sich, daß die mathematische Grundgleichung nicht für alle Probleme in komplexeren Systemen Lösungen enthält und zusätzliche Annahmen über die kosmologische Struktur hinzugenommen werden müssen, die Widerspiegelungen der objektiven Realität sein müssen. Diese Feststellungen, von Heisenberg selbst getroffen, machen nicht ganz verständlich, warum sich nach seiner Meinung die moderne Physik für Plato entschieden [116] hätte. Er begründet: „Denn die kleinsten Einheiten der Materie sind tatsächlich nicht physikalische Objekte im gewöhnlichen Sinn des Wortes; sie sind Formen, Strukturen oder im Sinne Platos Ideen, über die man unzweideutig nur in der Sprache der Mathematik sprechen kann. Die gemeinsame Hoffnung von Demokrit und Plato war es gewesen, bei den kleinsten Einheiten der Materie dem ‚Einen‘ näher zu kommen, dem einheitlichen Prinzip, das den Lauf der Welt regelt. Plato war überzeugt, daß dieses Prinzip nur in mathematischer Form ausgedrückt und verstanden werden könne.“⁴⁴ Heisenberg schließt diesen Gedanken mit der bereits zitierten Forderung nach der mathematischen Formulierung des einheitlichen Naturgesetzes. In der philosophischen Diskussion gibt er damit den neoplatonistischen Begründungen für die Rolle der Mathematik recht, die sie in einer existierenden inneren ideellen Ordnung der Welt suchen, obwohl seine physikalischen Ausführungen dafür überhaupt keine Argumente abgeben. Er selbst fordert die nicht-triviale Anpassung der Mathematik an die wirkliche Welt. Die von ihm nur als Strukturen bezeichneten Elementarteilchen üben meßbare Wirkungen aus, was erst Grundlage unserer theoretischen Überlegungen und zugleich Kriterium für die Richtigkeit oder Falschheit von Hypothesen ist. Es geht also nicht um die Anerkennung der Bedeutung der Mathematik für die Physik, sondern um die philosophische Interpretation dieser Bedeutung, die hier mit dem Platonischen Idealismus geschieht. Unsere mathematischen Theorien, d. h. die ideelle Ordnung, ist der objektiv-realen Ordnung anzupassen, das aber ist Materialismus,

⁴³ W. Heisenberg, Einführung in die einheitliche Feldtheorie der Elementarteilchen, a. a. O., S. 137.

⁴⁴ W. Heisenberg, Schritte über Grenzen, a. a. O., S. 236.

der auch durch den Erkenntnisprozeß in der Physik bestätigt wird. Dabei besteht die schöpferische Kraft des menschlichen Denkens gerade darin, sich immer bessere ideelle Ordnungen auszudenken, um die Kompliziertheit physikalischen Geschehens in unseren mathematischen Theorien besser erfassen zu können.

Auch in der Heisenbergschen Theorie ergeben sich gewisse Diskrepanzen zwischen den in der fundamentalen Gleichung angenommenen Symmetrien und dem Verhalten der Elementarteilchen. Darauf macht Dürr aufmerksam, der dazu schreibt: „Daß man trotzdem der dynamischen Gleichung (der von Heisenberg 1958 vorgeschlagenen Feldgleichung, H. H.) überhaupt eine Chance gibt, die Realität zu beschreiben, liegt an dem Umstand, daß der Zusammenhang zwischen Symmetrien der dynamischen Gleichung und den beobachteten Erhaltungssätzen nicht so eng zu sein braucht, wie man gewöhnlich anzunehmen pflegt. Ein solcher enger Zusam-[117]menhang existiert nur für isolierte Systeme. Die in der Natur beobachtete Hierarchie der Wechselwirkungen von der starken Wechselwirkung bis hinunter zur superschwachen Wechselwirkung oder gar der Gravitationswechselwirkung könnte jedoch gerade ein Ausdruck dafür sein, daß wir bei der versuchsweisen Isolierung eines Teilsystems vom Gesamtsystem der ‚Welt‘ den Einfluß der ‚Restwelt‘ in verschiedenen Näherungen zu berücksichtigen versuchen, ähnlich wie wir in einem unendlich ausgedehnten Festkörpersystem einen Quasiteilchenzustand in mehreren Näherungsstufen zu beschreiben suchen. Eine Verletzung von Erhaltungssätzen kann hier vorgetäuscht werden, daß man sie fälschlicherweise auf ein nicht ganz entkoppeltes Teilsystem anwendet.“⁴⁵ Die zukünftige Physik muß weiter darüber entscheiden, ob wir mit der Heisenbergschen Theorie das Elementarteilchenverhalten erfassen oder nicht, ob es bessere oder andere Theorien geben wird. Aber gerade an den Diskussionen um diese Theorie und an dem von Dürr gewählten Beispiel wird deutlich, daß es sich um die immer bessere Widerspiegelung objektiv-realen Geschehens handelt und nicht um eine in die Wirklichkeit hineinprojizierte ideelle Ordnung. Dabei wäre zu überlegen, ob nicht einmal theoretisch versucht werden sollte, asymmetrisches Verhalten gesetzmäßig zu erfassen und die Dialektik von Symmetrie und Asymmetrie gründlicher auszuarbeiten. Gerade die von Dürr angewandte Argumentation geht nur von der Existenz der Symmetrien aus, die durch die kosmischen Wirkungen im Elementarteilchenbereich durchbrochen werden und deshalb nur annähernd gelten. Damit wird die im Formwandel, in der Expansion des Weltalls, in der Durchbrechung der C-P-Symmetrie zum Ausdruck kommende Asymmetrie, die ja nicht gleich fehlender Symmetrie, sondern Durchbrechung von Symmetrien ist, zu wenig in die theoretischen Überlegungen einbezogen.

Neben den Versuchen, eine einheitliche physikalische Theorie zu schaffen, die von Materiearten oder Materieformen ausgehen, ist auch Weizsäckers Hypothese zu erwähnen. Nach ihm müßte die Physik begrifflich vollendbar sein, denn jede abgeschlossene Theorie reicht weiter als ihre Vorgänger und ist aus weniger Postulaten abgeleitet. Deshalb geht es Weizsäcker mit Kant darum, die Bedingungen zu überprüfen, unter denen Erfahrung überhaupt möglich ist, und aus diesen Bedingungen sollen dann Gesetze der Physik hergeleitet werden können, die die einheitliche Physik darstellen. Die logischen Atome dieser einheitlichen Physik sind empirisch entscheidbare, zeitüberbrückende einfache Alternativen, die [118] quantentheoretisch verstanden werden. Zwischen diesen Uralternativen oder Uren gibt es nur eine Wechselwirkung, die noch nicht gefunden ist und aus der sich die anderen ableiten lassen.⁴⁶ Sicher ist es interessant, die Bedingungen für die physikalische Erfahrung überhaupt zu untersuchen, aber die Lücke zwischen den philosophischen Vorstellungen und den physikalischen Ergebnissen ist heute nicht weiter geschlossen als 1966 zur Zeit der Verkündung dieser Theorie. Weizsäcker-

⁴⁵ H. P. Dürr, Über Heisenbergs einheitliche Theorie der Elementarteilchen, in: Quanten und Felder, Braunschweig 1971, S. 134.

⁴⁶ Vgl. G. F. von Weizsäcker, Die Einheit der Natur, München 1971.

ker selbst betont, daß die Elementarteilchentheorie als die Theorie der überhaupt möglichen Objekte und die Kosmologie als die Theorie der Entwicklung großer Teile des Kosmos oder des Weltganzen noch nicht abgeschlossen sind. Ob sie überhaupt als solche Theorien abgeschlossen sein können, ist nach den Bemerkungen zur Unerschöpflichkeit der Materie zu bezweifeln. Damit fallen aber wesentliche Argumente für den Ansatz von Weizsäcker. Auch ist noch zu überprüfen, wie die Materialisation der logischen Atome erfolgen könnte. Ebenso, wie über die philosophischen Grundlagen der einheitlichen Feldtheorie oder der Geometrodynamik noch zu diskutieren ist, muß auch die philosophische Position Weizsäckers in seiner Hypothese einer begrifflich vollendbaren Physik genauer betrachtet werden. Entscheidend sind jedoch für alle einheitlichen Theorien die physikalischen Erfolge, und diese sind bisher nicht besonders groß. Offensichtlich gilt für die Einheit der Physik auch die bereits über die materielle Einheit getroffene Feststellung, daß es sich um eine Einheit relativ isolierter qualitativ unterschiedlicher Systeme handelt, die in einem genetischen und strukturellen Zusammenhang stehen. Deshalb ist die auf die Untersuchung dieses Zusammenhangs gerichtete Tendenz physikalischer Forschungsarbeit philosophisch zu beachten, weil aus ihr allgemeinere Theorien entstehen können, die etwa Zusammenhänge zwischen Kosmologie und Elementarteilchenphysik nicht nur aufdecken, sondern als Grundlage der Theorienbildung überhaupt nehmen können. Wichtig ist jedoch das Verhältnis von Theorie und Experiment. Manche der allgemeinen einheitlichen Theorien basieren noch zu sehr auf philosophischen Prinzipien und zu wenig auf experimentellen Ergebnissen. Deshalb ist auch für die Entwicklung von allgemeinen Theorien die Ausarbeitung von Teiltheorien für bestimmte Arten der Wechselwirkung erforderlich, weil sie Grundlage für eine spätere Zusammenfassung in einer einheitlichen Theorie sein können. In diesem Sinne können wir von der dialektischen Beziehung zwischen innerem Zusammenhang und qualitativen Unterschieden sprechen, die in der physikalischen [119] Theorienbildung zu berücksichtigen ist, wobei sich als Tendenz der Erkenntnis die Entwicklung von Theorien mit einfachen Grundvoraussetzungen und komplizierten Umrechnungsformalisten durchsetzt, die Ausdruck unseres tieferen Eindringens in die grundlegenden physikalischen Gesetzmäßigkeiten ist. Deren einfache Formulierung, d. h. von wenigen funktionalen Zusammenhängen von Konstanten und Variablen, ist jedoch mit einem umfangreichen mathematischen Apparat verbunden, dessen Anwendung erst meßbare Resultate liefert. Einfachheit bedeutet, mit einem Minimum an theoretischem Aufwand ein Maximum an Informationen zu erreichen. Neben den allgemeineren Theorien entstehen oft neue Gebiete der Physik, deren Einordnung in allgemeine Theorien nicht immer gleich gelingt. Auch darin kommt die Unerschöpflichkeit physikalischer Objekte und Prozesse zum Ausdruck. Denken wir beispielsweise an viele Ergebnisse der Astrophysik, so müssen wir sie heute noch als kosmische Rätsel bezeichnen. Ihre Lösung wird uns auch bei der Aufstellung allgemeinerer Theorien der Elementarteilchenphysik und Kosmologie helfen, ohne daß damit die einheitliche Theorie der gesamten Physik gefunden wäre.

Raum-Zeit – Materieform oder Materieart?

In der Auseinandersetzung mit der Auffassung Kants von den apriori-Anschauungsformen Raum und Zeit spielte die materialistische These von Engels und Lenin, nach der Raum und Zeit Grundformen des Seins, Existenzformen der Materie sind, eine große Rolle. Damit wurde betont, daß die Raum-Zeit-Theorien Widerspiegelungen objektiver Raum-Zeit-Strukturen sind. Damit ist aber noch nicht die konkrete Art und Weise geklärt, in der Raum-Zeit-Strukturen existieren. Die Entwicklung der Physik hat zu vielen Diskussionen darüber geführt, in denen verschiedene Auffassungen entwickelt wurden, die von philosophischem Interesse sind. Dabei sind zwei Ergebnisse allgemein anerkannt, nämlich der innere Zusammenhang von Raum-Zeit und physikalischem Geschehen und die Verbindung von Raum und Zeit zur Raum-Zeit. Ließ die materialistische Interpretation der physikalischen Erkenntnisse

im 19. Jahrhundert noch die Trennung von Physik und Geometrie als Ausdruck zweier existierender Wesenheiten, der materiellen Bewegung und ihrer Existenzformen Raum und Zeit zu, so zwingen die Erkenntnisse der Relativitätstheorie zur [120] Anerkennung des Einflusses bewegter Massen auf die Raum-Zeit-Struktur. Während damals Raum und Zeit als Formen eines von ihnen im wesentlichen unabhängigen Inhalts verstanden werden konnten, der Raum und Zeit nicht beeinflußt, ist das in physikalischen Konzeptionen heute nicht mehr möglich.

Petrow hebt zwei Standpunkte zur Allgemeinen Relativitätstheorie (ARTh) hervor: Der erste identifiziert in der ARTh das Gravitationsfeld, das zweifellos materiell ist, mit der geometrischen Struktur des Raum-Zeit-Kontinuums, wobei die Raum-Zeit Existenzform der Materie ist. Obwohl hier, wie Petrow betont, eine Vermischung philosophischer Kategorien vorliegt, indem Materieart mit Materieform vermischt wird, führte diese Idee zu vielen konstruktiven Ergebnissen. Der zweite Standpunkt nimmt an, daß das Gravitationsfeld die Verteilung und Bewegung der materiellen Objekte bedingt und selbst als besondere Materieart seine Existenzform als gekrümmtes Raum-Zeit-Kontinuum bestimmt. Durch das Studium der Existenzform erhalten wir Informationen über die materielle Bewegung.⁴⁷ In diesem Sinne könnte auch der Versuch interessant sein, der von den Geometrodynamikern unternommen wurde, die Materiearten auf Materieformen zurückzuführen, indem die ganze Physik als Geometrie betrachtet wird. Aber schon vor längerer Zeit wurde von vielen Physikern auf die Problematik dieses Herangehens hingewiesen. Es handelt sich um einen extremen Versuch, als einzige Realität den gekrümmten Raum anzuerkennen, wobei die einfachen Ausgangspostulate sofort zu vielen ungelösten Problemen und komplizierten theoretischen Gebilden führen. Der philosophische Ansatz erwies sich als problematisch. Die Raum-Zeit besitzt für das physikalische Geschehen nicht diese ausgezeichnete Stellung, die es erlauben würde, alles darauf zurückzuführen. Wheeler, einer der Hauptvertreter der Geometrodynamik, versuchte seine Auffassung mit einem neuen Programm zu verteidigen, indem er die Theorie des Superraums aufstellt, um die Geometrodynamik auch auf die Elementarteilchen anzuwenden. Auch dazu gibt es kritische Einwände.⁴⁸ Von philosophischer Seite interessieren zwei Aspekte an diesen Ideen, wobei keineswegs von vornherein die Möglichkeit bestritten werden kann, über die raumzeitlichen Darstellungen physikalischer Prozesse Theorien über physikalisches Geschehen aufbauen zu können. Der erste ist die Identifizierung der Gravitation mit der Raum-Zeit, d. h. die Identität von Materieart und Materieform. Zweifellos muß hier berücksichtigt werden, daß Materieformen nichts [121] Ideelles sind, sondern materielle Beziehungen zwischen materiellen Objekten, die damit auch materialisiert in Objekten existieren können. Existieren also die Quanten des Gravitationsfeldes, die Gravitonen, dann sind sie Bestandteil der Materiearten, und ihre Materieform muß neu präzisiert werden. Insofern ist etwa die Annahme von wirkenden Raumatomen irreführend, weil Materiearten aufeinander einwirken, sich ineinander verwandeln, Zusammenhänge herstellen, während der Raum als Materieform die sich verändernden Lagebeziehungen der wechselwirkenden Objekte umfaßt. Auf diese Probleme macht auch Treder in seiner Arbeit über Gravitonen aufmerksam. „Die Vorstellung der Existenz einer Gravitonen genannten Teilchenart, die die Quanten des Gravitationsfeldes sind, beruht auf einem Analogieschluß, der das Gravitationsfeld mit den übrigen physikalischen Feldern... parallelisiert.“⁴⁹ Probleme treten auf, wenn die Existenz der Gravitonen in der Quantengeometrodynamik mit starken Gravitationsfeldern verknüpft wird. Hier sind „die Gravitonen als raum-zeitliche Gebilde zu verstehen“, „die Bereichen mit extrem starken Gravitationsfeldern und damit einer wesentlich nichteuklidischen Metrik entsprechen“. „Außer rein mathematischen Schwierigkeiten“, betont Treder, „ergibt sich hier die grundsätzliche

⁴⁷ Gravitation und Relativität, Moskau 1965, S. 6.

⁴⁸ Vgl. I. S. Zechmistro, Dialektik von Vielheit und Einheit, Moskau 1972.

⁴⁹ E. Kreisel/D. E. Liebscher/H. J. Treder, Zur Quantengeometrodynamik, Berlin 1967, S. 7.

Schwierigkeit einer physikalischen Deutung der Quantisierung von Raum und Zeit.“⁵⁰ Die Gravitonen als Teilchenart gehören, sollten sie entdeckt werden, zu den Elementarteilchen, denn gerade der Analogieschluß, das Gravitationsfeld mit anderen physikalischen Feldern zu vergleichen, führt zu ihrer Hypothese. Da aber Gravitationsfeld und geometrische Struktur identifiziert werden, würde die Entdeckung der Gravitonen eine Überprüfung unserer bisherigen Raum-Zeit-Vorstellungen verlangen. Was als Materieform Raum-Zeit zu betrachten ist, müßte neu bestimmt werden, die Identifizierung mit dem Gravitationsfeld wäre aufzuheben.

Der zweite philosophisch interessante Aspekt ist die Reduktion qualitativer Unterschiede der Teilchenarten auf raum-zeitliche Beziehungen. Dieser Vorstellung liegt eigentlich noch die klassische Objektauffassung zugrunde, nach der physikalische Objekte qualitativ gleichartig sind und sich nur durch ihre räumliche Lage unterscheiden. Die Entdeckung neuer Elementarteilchenqualitäten hat diese klassische Vorstellung als einseitig beseitigt. Die mathematischen Schwierigkeiten, physikalische Eigenschaften raum-zeitlich darzustellen, weisen ebenfalls auf die Problematik hin. Offensichtlich ist es auch hier wichtig, genauer zu analysieren, was wir [122] heute unter Raum und Zeit zu verstehen haben. J. Rumer gibt dazu folgende Einschätzung.⁵¹ Er geht von dem engen Zusammenhang zwischen den Eigenschaften der Raum-Zeit, wie Homogenität und Isotropie, und den universellen Attributen der Materie, Energie-Impuls, aus, der zur Universalisation der Raum-Zeit führte. In den klassischen physikalischen Theorien wurden Raum und Zeit zu den Ausgangsbegriffen der Theorie. In der gegenwärtigen Theorie sind Energie-Impuls die primären Begriffe und Raum-Zeit die sekundären, abgeleiteten. Das wird auch in der Entwicklung der Elementarteilchentheorie deutlich, die mit der Entdeckung neuer Symmetrien, wie etwa der SU_3 -Symmetrie, zu neuen Raumtypen führte, wodurch die vierdimensionale Raum-Zeit nach Rumer ihre Ausschließlichkeit, ihre besondere Stellung in der Struktur der Theorie verloren hat. Die zu erarbeitenden neuen Raum-Zeit-Vorstellungen sind nach ihm auf jeden Fall mit den Energie-Impuls-Charakteristika der Bewegung verbunden. Für eine zukünftige Theorie, die die verschiedenen Raum-Zeit-Vorstellungen vereinigen soll, gibt es nach seiner Meinung zwei Möglichkeiten. Sie kann entweder die uns bekannte Energie-Impuls-Zeit in einem einheitlichen Begriff bewahren oder die Raum-Zeit zu einer allgemeinen Strukturauffassung verallgemeinern.

In den verschiedenen theoretischen Auffassungen zur Raum-Zeit schälen sich immer mehr drei Standpunkte heraus. Der erste läßt der Raum-Zeit ihre ausgezeichnete Stellung in der Theorienbildung und bestimmt sie als die Ausgangsbegriffe. Dafür muß eine Verallgemeinerung der Raum-Zeit vorgenommen werden, wenn sie die Vielzahl der neu erkannten Qualitäten der Materiearten erfassen soll. Sie wird immer mehr zum Strukturgefüge materieller Beziehungen überhaupt, und eine zukünftige Raum-Zeit-Theorie wäre danach eine Strukturtheorie.

Zweitens kann die Raum-Zeit als Materieform gefaßt werden, die als Raum materielle Bereiche, bestimmt durch ihre Systemgesetze, Lagebeziehungen wechselwirkender Objekte und Bahnkurven sich bewegender Objekte charakterisiert. Die Zeit charakterisiert die Irreversibilität materieller Vorgänge. Hier gilt die Dreidimensionalität des Raumes und die Eindimensionalität der Zeit, zusammengefaßt in der vierdimensionalen Raum-Zeit. Drittens wird die Raum-Zeit durch ihre Identifikation mit dem Gravitationsfeld als Materieart gefaßt. Insofern wird auch von der Umwandlung der Gravitation in Stoff gesprochen und die Wechselwirkung zwischen Gravitation und Teilchen betrachtet.

[123] In allen drei Auffassungen gibt es Möglichkeiten für die Beziehung von Kosmologie und Elementarteilchenphysik. Bei der ersten wird jede Physik auf Raum-Zeit-Strukturen zurückgeführt. Bei der zweiten spielt die Raum-Zeit neben der qualitativen Bestimmung der

⁵⁰ Ebenda, S. 8.

⁵¹ Raum, Zeit, Bewegung, Moskau 1971, S. 124.

Materiearten eine untergeordnete Rolle. Hier ginge es um die Erklärung kosmischer Vorgänge mit Hilfe von Elementarteilchenerkenntnissen, wobei die Auffassung von Ambarzumjan zu berücksichtigen ist, daß Elementarteilchenprozesse im Kosmos eine neue Qualität besitzen können. Die dritte Auffassung könnte auf die Gravitonen als die letzten Grundteilchen materiellen Geschehens tendieren, womit eine einheitliche physikalische Theorie gesichert wäre. Nur sind diese Teilchen bisher nicht entdeckt. Werden sie entdeckt, sind sie mit ihren qualitativen Merkmalen als Materieart zu bestimmen, und die Auffassungen über die Raum-Zeit müssen neu präzisiert werden.

Alle physikalischen Hypothesen und ihre philosophischen Interpretationen können zwar den Platz der Raum-Zeit in der physikalischen Theorienbildung verschieben und die Materialisation von Materieformen in Materiearten annehmen, aber sie heben nicht die These auf, daß die Raum-Zeit Existenzform der Materie ist. Diese existiert nicht losgelöst vom materiellen Geschehen. Sie wird durch letzteres bestimmt und ist selbst Bedingung dafür. Wenn wir die Kontaktwirkung (Nahwirkung) wechselwirkender Elementarteilchen untersuchen, ist die kosmisch bedingte Raum-Zeit-Struktur das Spielfeld der Teilchen mit einem sicher unwesentlichen Beitrag ihrer Wechselwirkung zur globalen Raum-Zeit-Struktur. Diese globale Raum-Zeit-Struktur, bedingt durch die kosmischen Massen, ist selbst veränderlich, in Abhängigkeit von den kosmischen Vorgängen. Ihre Struktur wird bis auf unwesentliche Änderungen in großen Raumbereichen bestimmbar sein auf der Grundlage ihrer Gesetze. Als existierende Struktur ist sie Bedingung von Kontaktwechselwirkungen und könnte im Unterschied von diesen als weitreichende Wechselwirkung (Fernwirkung) angesehen werden. Diese Fernwirkung ist entweder Materieform, indem sie die raum-zeitlichen Bedingungen, bestimmt durch die kosmischen Vorgänge, für Elementarteilchenprozesse zum Ausdruck bringt, oder Materieart, wenn Gravitonen die Quanten des weitreichenden Gravitationsfeldes sind. Die Materiestruktur als Gesamtheit der Beziehungen zwischen materiellen Objekten erweist sich also stets als Einheit von Materieart und Materieform. [124]

Anschaulichkeit und Abstraktion

Seit der Begründung der Quantentheorie wurde auch sehr viel über das erkenntnistheoretische Problem diskutiert, daß die von der Quantentheorie untersuchten physikalischen Objekte und Beziehungen nicht anschaulich seien. Dabei wurden mit der Vorstellung von der Anschaulichkeit verschiedene Probleme vermengt. Einmal ging es um die Rolle der Mathematik. Sicher dringt die Mathematik in immer weitere Bereiche der Physik vor und macht dadurch die ausgearbeiteten Theorien in gewisser Weise unanschaulich. Die Theorien sind selbst nicht mehr unmittelbar mit den wirklichen physikalischen Prozessen verbunden, sondern tragen eine sehr abstrakte, mathematisch formulierte Gestalt, die erst durch die verschiedenen Umrechnungsformalismen wieder in Beziehung zu den physikalischen Prozessen gebracht wird. So drückt die Schrödingergleichung in der Quantenmechanik nicht Ort und Impuls aus, wie sie dem Einzelteilchen zukommen, sondern gibt nur Aussagen über die Mittelwerte von Ort und Impuls, aber auch erst, nachdem die in der Gleichung enthaltenen Zustände umgerechnet werden. Andererseits wurde die Auffassung von der Anschaulichkeit auch mit der klassischen Konzeption verbunden. Ein Objekt im dreidimensionalen Raum, das exakt bestimmbar ist, wurde als Maßstab für die Anschaulichkeit angegeben. Da wir den Unterschied zwischen klassischen Objekten und Quantenobjekten bereits herausgearbeitet haben, könnte man daraus ableiten, daß die moderne Theorie nicht anschaulich ist, weil sich diese Objekte voneinander unterscheiden. Das Quantenobjekt ist nicht im dreidimensionalen Raum exakt bestimmbar. Dagegen sprechen bereits die Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen.

Noch ein weiterer Sinn wird mit der Anschaulichkeit verbunden. Früher galt die einfache Idealisierung des Angeschauten zugleich als Weltanschauung. Diese Auffassung vertrat die

klassische Bewegungskonzeption und auch die klassische Konzeption vom Objekt. Da jedoch die Elementarteilchen nicht mehr direkt angeschaut werden können, sondern nur vermittels sehr komplizierter Geräte zu erfassen sind, spricht man auch vom Verlust der Anschaulichkeit in bezug auf die Weltanschauung.

Daran ist richtig, daß mit der wachsenden Rolle der physikalischen Theorie auch die Weltanschauung keine Anschauung über die Welt, sondern wissenschaftliche Philosophie wird. Es entstehen folgende Probleme: Wie ändert sich unsere Auffassung von der Anschaulichkeit? Gibt es eine Anschaulichkeit der Theorie?

In der Diskussion marxistischer Philosophen um die Anschaulichkeit wurde vor allem folgendes hervorgehoben:

Erstens ist das Problem der Anschaulichkeit physikalischer Objekte nicht mit der Frage nach der objektiv realen Existenz dieser Objekte zu verwechseln. Die Probleme, die bei der Erkenntnis physikalischer Objekte auftauchen, können die objektiv reale Existenz dieser Objekte nicht in Frage stellen.

Zweitens ist die Gleichsetzung von anschaulich und klassisch beschreibbar nicht berechtigt. Damit wird das wirkliche Problem umgangen, die Anschaulichkeit moderner physikalischer Objekte zu klären.

Drittens muß die Einheit von sinnlicher und rationaler Stufe der Erkenntnis bei der Untersuchung des Problems berücksichtigt werden. Dabei besteht jedoch auch unter den marxistischen Autoren noch keine völlige Klarheit, wie diese Einheit aussehen soll.

Die Anschaulichkeit von Objekten ist viertens abhängig von dem konkreten historischen Erkenntnisstand. Sie ändert sich mit der Erweiterung unserer Erkenntnis der objektiven Realität. Auch diese Feststellung ist bei ihrer Präzisierung noch der Diskussion unterworfen. Sie ist abhängig von der Klärung der bereits aufgeworfenen Fragen, die in der Beziehung von sinnlicher und rationaler Erkenntnis bei der Anschaulichkeit zusammenhängen.

Anschaulichkeit ist als die Einheit von Wesen und Erscheinung in der sinnlichen Erkenntnis und die Hervorhebung wesentlicher Seiten zu erfassen. Diese Definition der Anschaulichkeit muß natürlich erläutert werden. Die bloße sinnliche Erkenntnis liefert ein Abbild von objektiver Realität, das undifferenziert nach Wesen und Erscheinung ist. Jedoch ist die sinnliche Erkenntnis nicht losgelöst von der rationalen. In der Erkenntnis bilden Begriff und Vorstellung eine gewisse Einheit, obwohl sie nicht identisch miteinander sind. Im Verlaufe der Untersuchung verändern sich ständig die Vorstellungen. Mit Hilfe der Theorie lassen sich im Bild die wesentlichen Bestimmungen hervorheben. Hier kommt man tatsächlich zu einer möglichen Beantwortung der Frage nach der Anschaulichkeit von Begriffen und Theorien. Diese Frage einfach zu verneinen hieße eben, die enge Verbindung von Vorstellung und Begriff nicht berücksichtigen. Im Laufe des Erkenntnisprozesses wird die Vorstellung immer mehr zum Begriff, aber dabei bleibt in der Vorstellung noch die Reproduktion der Wahrnehmung erhalten. Die Vorstellung ist eben nicht mehr nur rein sinnliche Anschauung, sondern ihre mit Hilfe der Theorie mögliche Hervorhebung wesentlicher Seiten gibt uns die Möglichkeit, Begriffe und Theorien anschaulich zu machen. Auch der moderne Physiker beobachtet Experimente heute anders als der klassische Physiker. Der in der Quantenmechanik vorhandene Dualismus von Wellen und Korpuskeln zwingt ihn, den Ausgang des Experiments, z. B. der Streuung von Elementarteilchen an Kristallen, sowohl im Wellenbild als auch im Korpuskelbild zu betrachten. Der klassische Physiker kannte dieses Experiment nicht. Ihm war die Bewegung objektiv realer Wellen oder Korpuskeln anschaulich. Der Ausgang von Beugungsexperimenten erwies jedoch den Dualismus. Es ist nun die Aufgabe des Physikers, nicht bei seinen Vorstellungen stehenzubleiben. Man könnte fast sagen, daß die zu Beginn

der Ausarbeitung der Quantenmechanik herrschende Tendenz, den Experimenten das Hervorbringen objektiver Wellen oder Korpuskeln zuzuschreiben, ein solches Stehenbleiben ist. Die theoretische Verallgemeinerung lieferte mit der Quantenmechanik ein System von Gesetzen für das Verhalten der Quantenobjekte. Das verlangt aber das Abgehen vom klassischen Ideal der Anschaulichkeit. Die nun vom Physiker durchgeführten Experimente veranschaulichen jedoch die neue Theorie. Der Physiker berücksichtigte in seiner Vorstellung die Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen, wenn er in dem anschaulichen Bild des Heisenbergschen Gedankenexperiments die Wechselwirkung von Quant und Elementarobjekt hervorhebt. Gerade dieses Gedankenexperiment ist ein Versuch, bestimmte Seiten des Verhaltens der physikalischen Objekte anschaulich zu machen.

Rubinstein hebt den Zusammenhang von Begriff und Vorstellung hervor: „Andererseits ist jedes begriffliche Denken immer mit Vorstellungen verknüpft. Die Experimentalforschung hat anschaulich gezeigt, daß einerseits das begriffliche Denken nicht auf den Ablauf der Vorstellung zurückgeführt werden kann, andererseits dieses Denken in Begriffen real immer mit Vorstellungen verknüpft ist. Die Vorstellungen sind jedoch im Prozeß des begrifflichen Denkens in so fragmentarischer Form gegeben, daß es unmöglich wäre, auf [127] sie den ganzen Verlauf des Denkens in seinem inneren Zusammenhang zurückzuführen. Gleichzeitig aber ist ihr Vorhandensein gesetzmäßig so sehr mit dem Denkprozeß verbunden, daß es unmöglich wäre, sie als völlig zufällige, nicht mit dem Wesen des Denkens selbst verbundene Erscheinungen anzusehen. Dabei ist es nicht so, daß Begriff und Vorstellung einfach zusammen existieren und sich gegenseitig begleiten. Sie sind dem Wesen nach miteinander verbunden, da sie verschiedene, aber nicht gegenseitig bedingende Funktionen ausüben. Die Vorstellung und das anschauliche Bild stellen vorzugsweise das Einmalige dar, der Begriff das Allgemeine. Sie spiegeln verschiedene, aber notwendig miteinander verbundene Seiten der Wirklichkeit wider.“⁵² Es kann deshalb nicht die Aufgabe des Physikers sein, ein vollständiges, anschauliches Modell der physikalischen Objekte zu geben. Aber einzelne Seiten des Verhaltens können anschaulich gemacht werden. Dabei ist der Grad der Anschaulichkeit bei dem einzelnen Menschen abhängig von seinem theoretischen Verständnis. Die bloße Reduktion der Anschaulichkeit auf die sinnliche Stufe der Erkenntnis vernachlässigt das rationale Element in der Theorienbildung. Im Ticken eines Geigerzählers kann man anschaulich den korpuskularen Charakter der Strahlung feststellen, den man mit dem Wellencharakter verbinden muß. Man kann aber auch nichts anderes als das Ticken hören. Bei jedem Experiment empfindet der in der Theorie geschulte Physiker im einmaligen Ereignis wesentliche Seiten des Verhaltens der untersuchten Objekte. Er orientiert sich geradezu auf ganz bestimmte Erscheinungen, die ihm eine Hypothese bestätigen oder widerlegen sollen. Auch seine Vorstellungen vom Experiment vermitteln ihm anschaulich (in Form sinnlicher Erlebnisse) bestimmte Aspekte der theoretisch erfaßten Beziehungen. Zweifellos hat die Physik bisher kein Modell eines einheitlichen Elementarobjekts mit Wellen- und Korpuskeleigenschaften entwickelt. Das hieße die Anschaulichkeit auf eine historisch bereits überwundene Stufe der Anschauung zurückzuziehen. Das gesamte Wesen eines Prozesses ist nicht anschaulich. Aber wesentliche Seiten der physikalischen Vorgänge sind besonders dem theoretisch geschulten Physiker in seinen sinnlichen Erlebnissen anschaulich. Deshalb können wir auch von der Anschaulichkeit einer Theorie sprechen. Zwar sind die sinnlichen Erkenntnisse noch undifferenziert nach Wesen und Erscheinung. Das Verständnis der Theorie hilft uns jedoch, unsere sinnlichen Erkenntnisse auf bestimmte wesentliche Seiten des Angeschauten zu orientieren.

[128] Was ist deshalb unter Veranschaulichung der Theorie zu verstehen? Es wurde schon hervorgehoben, daß es sich dabei um keine Sicht des Gesamtobjekts handeln kann, um keine

⁵² S. L. Rubinstein, Grundlagen der allgemeinen Psychologie, Berlin 1959, S. 448.

Anschaulichkeit des gesamten Wesens des zu betrachtenden Objekts oder der zu betrachtenden Beziehungen. Aber die Theorie läßt sich veranschaulichen, indem wir die mathematischen Beziehungen deuten und sie einer experimentellen Überprüfung unterziehen. Das war der Fall, als man aus der Schrödingergleichung bestimmte Mittelwerte für die Bestimmung von Ort und Impuls von Teilchen ableitete und in den Experimenten diese Mittelwerte auf ihre Richtigkeit überprüfte. Da das Experiment direkt mit der Anschauung verbunden ist, kann man hier von einer gewissen Veranschaulichung der Theorie im Experiment selbst sprechen. Es wurde bereits gezeigt, daß dazu das theoretische Verständnis gehört, um die sinnliche Erkenntnis auf wesentliche Seiten im Experiment orientieren zu können.

Eine andere Seite der Veranschaulichung sind die Gedankenexperimente und Modelle. Auch das Heisenbergsche Gedankenexperiment der Messung von Elementarteilchen unter dem Mikroskop, ebenso wie das Bohrsche Atommodell oder das Tröpfchenmodell des Atomkerns, sind die Ausnutzung von Vorstellungen für die Weiterentwicklung der Theorie. Trotz der Betonung des unanschaulichen Charakters der Quantentheorie haben die Physiker nicht auf die Benutzung von anschaulichen Vorstellungen zur Entwicklung der Theorie verzichtet. Man darf diese Seite nicht vernachlässigen. Wer sich mit methodologischen Fragen beschäftigt, muß gerade die Rolle anschaulicher Vorstellungen als heuristischer Hinweise betonen. Er muß aber auch davor warnen, die Objekte in ihrer ganzen Kompliziertheit mit den anschaulichen Vorstellungen zu identifizieren. Hier muß man vor allem die klassische Auffassung von der Anschaulichkeit kritisieren. Objekt, Vorstellung und Begriff sind nicht deckungsgleich. Die Vorstellung vermittelt uns die Reichhaltigkeit von Eigenschaften eines einzelnen Objekts. Der Begriff und die Theorie zeigen wesentlich allgemeine und notwendige Beziehungen einer Klasse von Objekten unter bestimmten Bedingungen. Die Objekte sind jedoch reichhaltiger an Beziehungen, als Vorstellung und Theorie zeigen. Die Vorstellung von einem Objekt erweitert sich sowohl mit der Erweiterung der theoretischen Kenntnisse als auch mit der Experimentalforschung. In diesem Sinne ist ein anschauliches Modell auch kein vollständiges Abbild, sondern nur die Hervorhebung einer wesentlichen Seite des Objekts. Damit wird zugleich eine Methode ausgenutzt, die große Bedeutung für die Entwicklung der physikalischen Theorie besitzt. Man vergleicht Unbekanntes mit Bekanntem und sucht nach Analogien, die in Bereichen weiterhelfen, die bisher nur ungenügend erforscht sind. Das war beispielsweise der Fall bei der Ausnutzung des Schalenmodells zur Erforschung des Atomkerns.

Man kann aber auch noch eine andere Seite des Veranschaulichens der Theorie hervorheben. Es geht um die Einordnung in eine Weltanschauung. Hier wird das Erkannte operativ faßbar, da es mit dem Handeln der Menschen verbunden ist. Nicht jeder wird das Verhältnis von dynamischen und statistischen Gesetzen anhand der Entwicklung der physikalischen Theorie begreifen. Die Herausarbeitung der allgemeinen Seiten, die diesem Verhältnis zugrunde liegen, und die Anwendung dieser allgemeinen Seiten auf gesellschaftliche Probleme werden jedoch den philosophischen Aspekt auch solchen Menschen deutlich machen, die sich nicht besonders mit der Physik befassen. Es wird der allgemeine Gesetzesbegriff dabei zur Erklärung gesellschaftlicher Erscheinungen ausgenutzt, die direkt mit dem Handeln der Menschen verbunden sind. Insofern wir also die physikalischen Probleme in eine allgemeine Weltanschauung einbauen, helfen wir bei der Veranschaulichung dieser Theorie, indem sie mit Erlebnissen verbunden werden, die dem Menschen schneller in seinen Vorstellungen zugänglich sind als die physikalische Theorie selbst. Dabei ergeben sich heute in bezug auf die Anschaulichkeit einige neue Momente. Immer mehr muß die theoretische Forschung den experimentellen Ergebnissen vorhergehen. Aus der Entwicklung der Physik kennen wir die Voraussage des Positrons aus der Diracschen Elektronentheorie. Bekannt ist auch, daß die Vorstellungen von Tamm und Yukawa über die Natur der Kernkräfte geholfen haben, intensiv

nach den Teilchen zu suchen, die diese Kernkräfte konstituieren. Es ist eine Aufgabe der physikalischen Theorie, solche Voraussagen zu machen, die helfen, neue physikalische Objekte und Beziehungen zu finden, die bisher experimentell noch nicht gefunden worden sind. Im Zusammenhang mit diesem Vorlauf der Theorie darf die Forderung der Anschaulichkeit die Entwicklung der Theorie nicht hemmen, darf nicht zu einer allgemeinen Forderung nach Anschaulichkeit führen. Die Beziehungen zwischen Objekt und Begriff haben sich kompliziert. Es wird mit Theorien gearbeitet, die keine direkte Beziehung zur objektiven Realität haben. Das ist der Fall mit manchen mathematischen Theorien. Um diese Beziehung wieder herzustellen und der Forderung nach Anschaulichkeit gerecht zu werden, wird nach bestimmten Modellbelegungen für mathematische Theorien gesucht. So kann eine physikalische Theorie eine Modellbelegung für eine mathematische Theorie darstellen. Die physikalische Theorie stellt dann wiederum ein Zwischenglied bei der Vermittlung der mathematischen Theorie mit der Wirklichkeit dar. Auch die physikalische Theorie ist ja nicht direkt mit der Wirklichkeit verbunden. Es bedarf bestimmter Umrechnungsformeln, um die in der allgemeinen Gleichung enthaltenen Zustände mit der Wirklichkeit direkt zu verbinden. Es zeigt sich damit, daß die Umsetzung der Theorie in empirisch prüfbare Aussagen immer komplizierter wird. Das wirft für die Philosophie die Frage auf, ob es nicht an der Zeit wäre, das Beweisverfahren einer kritischen Analyse zu unterziehen, das bisher im allgemeinen in der Philosophie angewandt wird. Eine Beweistheorie muß gerade diese Tatsache berücksichtigen, daß die Verbindung von Theorie und Wirklichkeit immer komplizierter wird und immer mehr Mittelglieder sich dazwischenschalten. Man muß auch hervorheben, daß einzelne Experimente nur ein Moment des Wesens zeigen, daß deshalb zur Überprüfung oder Widerlegung einer Theorie auch andere Experimente notwendig sind, die andere Momente des Wesens zum Ausdruck bringen. Der Erkenntnisprozeß als Einheit von sinnlicher Erkenntnis, Denken und Veränderung der zu untersuchenden Objekte im Experiment liefert kein anschauliches Bild der Mikroobjekte. Schon die Streuung von Protonen an Elektronen in einem Experiment, oder die Beugung von Elektronen an Kristallen in einem anderen Experiment, umfaßt eine so große Vielzahl von allgemein-notwendigen und wesentlichen Beziehungen, daß für das Verständnis umfassende theoretische Kenntnisse notwendig sind. Betrachtet man das Verhalten des Objekts im Experiment als Erscheinung, so wird aus dieser Erscheinung durch die theoretische Analyse das Moment des Wesens hervorgehoben, das für die theoretische Arbeit weitere Aufschlüsse gibt. So betrachtete Hofstadter die Abhängigkeit des Ablenkungswinkels von der Richtung des Auftreffens der Protonen als wesentliches Moment, das auf die Struktur der Protonen verwies. Aber erst eine umfangreiche experimentelle Forschung in dieser Richtung wird neue Aussagen über die Struktur liefern.

Verschiedene Experimente mit verschiedenen Objekten unter gleichen Bedingungen oder gleichen Objekten unter verschiedenen Bedingungen liefern eine Reihe wesentlicher Momente, die nicht durch Beobachtung allein, sondern durch die theoretische Bearbeitung von Beobachtungen gefunden werden und die Grundlage von [131] Hypothesen bilden. Angenommen, die Theorie der Elementarteilchen und ihrer Struktur wäre gefunden, dann ist das Endprodukt unserer Erkenntnis nicht das klassische anschauliche Objekt, sondern die experimentelle Erkenntnis (verbunden mit der sinnlichen Erkenntnis) einer Seite der theoretisch erkannten Mannigfaltigkeit von Beziehungen der physikalischen Objekte. Dann ist man, um mit den Kategorien des dialektischen Materialismus zu sprechen, vom sinnlich Konkreten, dem experimentellen Ergebnis, zum Abstrakten, zur theoretischen Analyse des wesentlichen Moments in einem Experiment gekommen. Durch die Zusammenfügung vieler abstrakter Bestimmungen zur Theorie über die Elementarobjekte erfolgt der Aufstieg vom Abstrakten zum geistig reproduzierten Konkreten, das jetzt eine Gesamtheit von abstrakten Bestimmungen in ihren verschiedenen Beziehungen enthält und deshalb konkret ist, weil es in der Theorie die Vielzahl der wesentlichen Beziehungen der wirklichen Objekte erkennen läßt, die durch Beobach-

tung allein nie zu erhalten wären. Von der Theorie her ist dann auch das Experiment besser zu verstehen. Im sinnlichen Erleben gelingt es tatsächlich, das Wesentliche hervorzuheben. Diese Art der Anschaulichkeit der Theorie ist keine Veranschaulichung im Sinne der Vereinfachung und der Zurückführung des Unbekannten auf das Bekannte, sondern die Verbindung von sinnlicher und rationaler Erkenntnisstufe, die für den Erkenntnisfortschritt notwendig ist.

Aus dem bisher Gesagten ergeben sich zwei Aspekte der Forschung. Einerseits sind immer neue Erscheinungen zu organisieren, um die wesentlichen Momente der physikalischen Objekte erkennen zu können. Das verlangt die ständige Entwicklung der Experimentalforschung, die vor allem dann Bedeutung erlangt, wenn sie zu solchen Ergebnissen kommt, die mit den bisherigen Theorien nicht übereinstimmen und deshalb die Erweiterung der Theorie verlangen. Andererseits muß der physikalische Gehalt bestimmter Begriffsbildungen gefunden werden. Die Theorie existiert nicht zum Selbstzweck, sondern zur Widerspiegelung der objektiven Realität als Grundlage für die Ausnutzung der erkannten Prozesse im Dienst des Menschen. Nur wenn man dieses Verhältnis vulgarisiert auffaßt, kann man daraus eine Geringschätzung der Theorie ableiten. Die Widerspiegelung komplizierter objektiver Beziehungen in den Systemen logischer Beziehungen verlangt jedoch die Ausarbeitung aller logischen Konsequenzen und das Aufsuchen objektiver Entsprechungen dafür. In diesem Sinne wird sich die Unanschaulichkeit [132] der modernen Physik einerseits verstärken, weil die Theorie immer kompliziertere objektive Zustände erfaßt, andererseits wird die Verbindung zum Experiment damit selbst eine zusätzliche Frage der Forschung, die als Veranschaulichung der Theorie zu bezeichnen ist, nämlich die sinnliche Erkenntnis unter Hervorhebung des wesentlichen Moments im Experiment auszunutzen, um den physikalischen Gehalt einer theoretischen Beziehung zu erkennen.

Damit wird für die Anschaulichkeit der Theorie das Moment der Entwicklung wesentlich. Im sinnlichen Erleben lassen sich nur dann wesentliche Momente aufdecken, wenn eine theoretische Klarheit besteht. Da sich die Theorie ständig erweitert, erweitert sich auch unsere Anschauung. Wir sehen ständig mehr, wenn wir unsere theoretischen Kenntnisse erweitern. Während für das theoretisch geschulte Auge des Physikers eine Fotografie von Elementarprozessen eine Vielzahl von Informationen enthält, ist das für einen Laien nicht der Fall. Der Laie wird unwesentliche Seiten hervorheben, während sich der Physiker bei der Beobachtung nicht von diesen unwesentlichen Seiten beeinflussen läßt, sondern sein Augenmerk auf ihn interessierende Prozesse richtet. Auf Grund seiner theoretischen Kenntnisse zeigt ihm die Beobachtung wesentliche Seiten der objektiven Prozesse, die er theoretisch analysieren muß oder die eine Bestätigung einer schon gemachten Hypothese darstellen.

Anschaulichkeit einer Theorie kann damit kein statisches Moment der angeborenen Erkenntnisfähigkeit des Menschen sein, sondern sie entwickelt sich mit den theoretischen Kenntnissen des Menschen. Das Verhältnis von physikalischer Theorie und Weltanschauung erhält dabei einen völlig neuen Aspekt.

Die Weltanschauung kann in diesem Sinne nicht zur Veranschaulichung neuer Kenntnisse benutzt werden, sondern sie hilft beim theoretischen Verständnis unserer Erkenntnisse im Hinblick auf ihre Allgemeingültigkeit für andere Forschungsbereiche. Damit verbindet sie wissenschaftliche Theorien über ihre philosophischen Beziehungen miteinander, die selbst wieder veranschaulicht werden können. Sie arbeitet die neuen erkenntnistheoretischen Probleme aus und versucht sie zu lösen. Die hier angedeuteten neuen Momente des Problems der Anschaulichkeit in der Mikrophysik stellen die marxistische Philosophie vor eine Reihe neuer Aufgaben. Sie muß den Widerspiegelungsprozeß in seiner ganzen Kompliziertheit erfassen, die neuen Tendenzen der Wissenschaftsentwicklung berücksichtigen, die Rolle der Wissenschaft als Produktivkraft und damit die Bedeutung des theoretischen Denkens ausarbeiten

usw. [133] Der wirkliche Prozeß wissenschaftlichen Forschens, die Logik des wissenschaftlichen Denkens muß erforscht werden, um auf allen Gebieten mit den noch vorhandenen Resten des klassischen Denkens zu brechen.

Bisher wurden mit Hilfe der marxistischen Philosophie die physikalischen Erkenntnisse zu deuten versucht. Das Verhältnis von Philosophie und Physik hat jedoch auch noch einen anderen Aspekt: Wie kann die Physik durch philosophische Verallgemeinerung ihrer Erkenntnisse zum Verständnis der Beziehung zwischen Mensch und Natur, zwischen den Menschen untereinander und zur Erkenntnis des Menschen beitragen? Deshalb soll die weltanschauliche Wirksamkeit physikalischer Erkenntnis am Beitrag der Physik zum wissenschaftlichen Menschenbild betrachtet werden. [134]

Mensch und physikalische Erkenntnis

Die Erforschung des Menschen, seiner Verhaltensweisen, seiner materiellen und geistigen Beziehungen und damit seiner gesellschaftlichen Verhältnisse ist eine der Hauptaufgaben der modernen Wissenschaft überhaupt. Im allgemeinen denkt man dabei an die Gesellschaftswissenschaften, die Psychologie und Medizin, während der Beitrag der Physik zur Gestaltung eines wissenschaftlichen Menschenbildes manchmal als gering angesehen und deshalb nicht beachtet wird. Brecht sieht die Ursache für das Abbrechen der ehemals engen Verbindung von Physik und gesellschaftlichen Interessen im Widerruf Galileis. In seinen Anmerkungen zum „Leben des Galilei“ nennt er ihn die „Erbsünde“ der modernen Naturwissenschaften. Damit machte Galilei die Astronomie aus einer Wissenschaft, die das Bürgertum „zutiefst interessierte, da sie den revolutionären sozialen Strömungen der Zeit Vorschub leistete“, zu einer Spezialdisziplin, die sich durch „ihre Indifferenz zu der Produktionsweise verhältnismäßig ungestört entwickeln konnte“. Brecht verurteilt das Verhalten Galileis: „In Wirklichkeit hat Galilei die Astronomie und die Physik bereichert, indem er diese Wissenschaften zugleich eines Großteils ihrer gesellschaftlichen Bedeutung beraubte. Mit ihrer Diskreditierung der Bibel und der Kirche standen sie eine Zeitlang auf der Barrikade für allen Fortschritt. Es ist wahr, der Umschwung vollzog sich trotzdem in den folgenden Jahrhunderten, und sie waren daran beteiligt, aber es war eben ein Umschwung anstatt einer Revolution, der Skandal artete sozusagen in einen Disput unter Fachleuten aus. Die Kirche und mit ihr die gesamte Reaktion konnte einen geordneten Rückzug vollziehen und ihre Macht mehr oder weniger behaupten. Was diese Wissenschaften selber betrifft, erklimmen sie nie mehr die damalige große Stellung in der Gesellschaft, kamen nie mehr in solche Nähe zum Volk.“⁵³

So war nach Brecht die Geburtsstunde der Physik als selbständiger Wissenschaft zugleich die Sterbestunde ihrer großen gesellschaftlichen Wirksamkeit, da die Physiker die mögliche Revolution-[135]nierung der herrschenden religiös-feudalen Weltanschauung nicht konsequent betrieben. Brecht will uns damit auf die gesellschaftliche Verantwortung des Wissenschaftlers hinweisen.

Die amerikanische Aufführung seines Stückes über Galilei fiel in die Zeit des Atombombenabwurfs. Viele Wissenschaftler, darunter auch solche, die vorher den Bau der Atombombe empfohlen hatten, um den Faschisten zuvorzukommen, verurteilten den Bombenabwurf und betrachteten die dadurch erreichten militärischen Erfolge als eine moralische Niederlage der USA. Die Physik war damit zugleich in den Mittelpunkt weltpolitischen Interesses getreten. Sie bildete die theoretische Grundlage für die Atomaufrüstung der USA, die die Politik der Stärke gegenüber dem sozialistischen Lager ermöglichen sollte. Physikalische Erkenntnisse und ihre waffentechnische Verwertung beeinflussten die Veränderung der politischen Situation. Die Analyse dieser Situation ist nicht Aufgabe der Physik, sondern der Gesellschaftswis-

⁵³ B. Brecht, Stücke, Bd. VIII, Berlin 1957, S. 198.

senschaften. Aber der Physiker muß sich mit den Ergebnissen dieser Analyse befassen, um seiner moralischen Pflicht gegenüber der Menschheit gerecht zu werden.

Zwischen Galileis Widerruf und der dadurch herabgesetzten Bedeutung der Physik in der weltanschaulichen Auseinandersetzung sowie der durch den Atombombenabwurf deutlich gewordenen humanistischen Verantwortung des Physikers liegen viele Beiträge der Physik zum Menschenbild. Erinnert sei an die durch die klassische Mechanik inspirierte mechanistische Auffassung vom Menschen als einer Maschine, die sich nach mechanischen Gesetzen bewegt, und an die großen Auseinandersetzungen um Relativitäts- und Quantentheorie. Die „Willensfreiheit“ des Elektrons wurde zur Begründung der menschlichen Freiheit herangezogen, und die Relativitätstheorie mußte sich gegen Angriffe der rechtsgerichteten Presse in Deutschland durchsetzen. Den Vertretern der Relativitätstheorie wurden Gemeinsamkeiten mit dem Marxismus vorgeworfen. Der Relativismus wurde als unvereinbar mit staatsbürgerlicher Verantwortung angesehen. Bei einem der Widerleger Einsteins heißt es: „Professor Einstein hat ein Relativitätsprinzip aufgestellt, das alle unsere Vorstellungen von Raum und Zeit wankend machen und uns überzeugen soll, daß es überhaupt nichts Festes, Zuverlässiges und Wahres in der Welt gibt.“⁵⁴ Wirken heute auch viele Angriffe gegen die Relativitätstheorie grotesk, so zeigen doch die Massenversammlungen der zwanziger Jahre, die Flut von Zeitungsartikeln und die vielen Bücher, die gegen diese Theorie geschrieben wurden, die große weltanschauliche Wirksamkeit der modernen Physik.

[136] Die marxistisch-leninistische Philosophie bestimmte die Stellung des Menschen in der Welt, indem sie sich gegen idealistische Weltanschauungen wandte und den Menschen als das Ensemble der gesellschaftlichen Verhältnisse faßte. Bestimmend für das Handeln der Menschen sind letzten Endes die objektiven Gesetze der Gesellschaft und ihre ökonomische Struktur. In ihrem wissenschaftlichen Menschenbild verarbeitet die marxistisch-leninistische Philosophie die Ergebnisse der anderen Wissenschaften. Entscheidend sind dabei für die Entwicklung der Persönlichkeit die Gesellschaftswissenschaften, die theoretisch besonders die Bedingungen für die Entwicklung der sozialistischen Persönlichkeit analysieren, um praktische Probleme zu lösen. Die Rolle der Naturwissenschaften darf jedoch nicht vergessen werden.

Worin besteht nun der Beitrag der Physik zum wissenschaftlichen Menschenbild? Man kann bei der Beantwortung dieser Frage vier Problemkreise unterscheiden: Erstens geht es um die Erforschung des Menschen mit physikalischen Methoden. Nach dem Scheitern der mechanisch-materialistischen Illusion vom Menschen als Maschine sprachen manche Wissenschaftler der Physik überhaupt die Berechtigung ab, Aussagen über den Menschen zu machen. Erst heute setzt sich mit der Biophysik auch wieder die Einsicht in die Bedeutung der Physik zur Erforschung des Menschen durch. Sicher ist jedoch das Ideal einer allgemeinen auf Physik begründeten Welttheorie, die auch das Wesen des Menschen umfaßt, nicht mehr aufrechtzuerhalten. Zweitens haben sich durch die moderne Physik Erkenntnisprobleme ergeben, die das Verhältnis von Subjekt und Objekt betreffen. Der Mensch verändert durch seine Experimente die physikalischen Objekte. War dieser Einfluß in der klassischen Physik noch zu vernachlässigen, so ist das in der Quantentheorie nicht mehr möglich. Die Lösung der damit verbundenen Probleme führt uns zu allgemeinen Aussagen über den Erkenntnisprozeß, die nicht an die Physik gebunden sind und die Stellung des erkennenden Menschen zu seinen Erkenntnisobjekten überhaupt betreffen. Drittens hat die Kritik der klassischen Kausal- und Gesetzesauffassung durch die moderne Physik auch zu einer allgemeinen Gesetzestheorie geführt,

⁵⁴ Relativitätstheorie und Weltanschauung, Berlin 1967, S. 199. Die in diesem Sammelband enthaltene Arbeit von S. Grundmann „Der deutsche Imperialismus, Einstein und die Relativitätstheorie“ zeigt die von uns behauptete enge Verbindung physikalischer Ideen mit politischen und weltanschaulichen Auseinandersetzungen am Beispiel Einsteins und der Relativitätstheorie.

die zur Erklärung gesellschaftlicher Prozesse herangezogen werden kann. Weil sie menschliches Verhalten nicht auf mechanische Gesetze zurückführen wollten, haben manche Philosophen in der Vergangenheit den Menschen zu einem Wesen gemacht, dessen Verhaltensweisen keinen allgemeinen Gesetzen genügen sollen. Jetzt hat die Physik selbst nachgewiesen, daß der auf [137] der klassischen Physik gegründete mechanische Determinismus nicht einmal ausreicht, um das Verhalten der physikalischen Objekte zu erklären, von menschlichem Verhalten ganz zu schweigen. Viertens verändert die Physik durch neue Erkenntnisse die Lebensweise der Menschen. Dabei sollte man nicht nur die Massenvernichtungswaffen im Auge haben, sondern auch solche alltäglichen Erscheinungen wie die durch Elektrizität betriebenen Haushaltgeräte, Kofferradios mit Transistoren, Röntgenaktionen usw. Heute gibt es schon in mehreren Ländern Kernenergiewerke; die Laserstrahlen werden industriell genutzt, und die Plasmaphysik liefert technisch verwertbare Erkenntnisse.

In den folgenden Abschnitten werden einige Aspekte dieser vier Problemkreise behandelt, um die Bedeutung der modernen Physik für ein wissenschaftliches Menschenbild zu verdeutlichen. Dabei entstanden viele mit den modernen physikalischen Erkenntnissen verbundene philosophische Vorstellungen in der Auseinandersetzung mit dem vom mechanischen Materialismus durch Verallgemeinerung der klassischen Physik ausgearbeiteten Menschenbild. Um den modernen Auffassungen gerecht werden zu können, wird nachstehend in Umrissen zuerst das mechanistische Menschenbild charakterisiert. Dabei geht es vor allem um die Antworten der mechanischen Materialisten auf die Fragen, die heute, ausgehend von der modernen Physik, anders beantwortet werden müssen: Wie erkennt der Mensch die physikalischen Objekte? Wie erkennt er sich selbst? Wie ist menschliches Verhalten determiniert? Worin besteht das durch die Physik geforderte Wissenschaftsideal? Daraus ergibt sich dann noch die für die Naturwissenschaft insgesamt wichtige Frage nach dem Verhältnis der Wahrheit zum Wert naturwissenschaftlicher Theorien. Die Antwort darauf ist weltanschaulich bedeutsam für das Handeln des Naturwissenschaftlers.

Mechanischer Materialismus, klassische Physik und Menschenbild

Großen Einfluß auf die Entwicklung des mechanischen Materialismus hatte Descartes. In seinen Schriften entwickelt er die dualistische Auffassung von einer denkenden und einer ausgedehnten Substanz. Körper und Seele werden damit voneinander getrennt. Einerseits gab damit Descartes mit seiner Philosophie die theoretische Begründung für die Erforschung der Körperwelt, ohne daß [138] dafür Theologie und Offenbarung notwendig waren. Andererseits stellte sein System eine Versöhnung mit der Theologie dar. Wegen dieser Inkonsequenz wurde er von verschiedenen Seiten angegriffen. Pater Mersenne warf ihm vor, er habe ungenügend die Verschiedenheit von Körper und Seele betont und nicht ein einziges Wort über die Unsterblichkeit der Seele geschrieben.⁵⁵ Der Materialist und Atomist Gassendi dagegen hebt in seinen Einwänden hervor, Descartes habe nicht nachgewiesen, daß er als denkendes Wesen etwas rein Unkörperliches sei. Gassendi stellte die Frage: „Denn ich bitte Dich, wie meinst Du, daß in Dir, dem Subjekt ohne Ausdehnung das Bild oder die Idee des Körpers, der ausgedehnt ist, Aufnahme finden kann?“⁵⁶ Sicher gab es zur Zeit dieser Auseinandersetzung keine wissenschaftlichen Mittel, um eine exakte Widerspiegelungstheorie aufzubauen. Aber der materialistische Einwand Gassendis macht die Fragwürdigkeit des Descartesschen Dualismus deutlich. Es wird durch ihn nicht geklärt, wie beide Substanzen im Menschen zusammenhängen. Descartes läßt auch den Einwand von Gassendi gar nicht gelten. Er erwidert: „So genügt es hier, wo Du die Vermischung von Geist und Körper mit der Vermischung zweier Körper vergleichen willst, wenn ich antworte: es darf zwischen solchen Dingen kein Vergleich ange-

⁵⁵ R. Descartes, Meditationen, Berlin 1965, S. 116.

⁵⁶ Ebenda, S. 310.

stellt werden, da sie in ihrer ganzen Art verschieden sind ...“⁵⁷ Will man vom heutigen Standpunkt der Wissenschaft aus urteilen, ohne die konkrete Situation zu berücksichtigen, so könnte man Descartes in diesem Streit recht gehen, weil er die Rückführbarkeit des Geistes und der Gedanken auf eine besondere Art von Körpern zurückwies. Descartes antwortete jedoch nicht auf die Frage, die hinter den Einwänden von Gassendi steckte: Wie kann man den Geist mit den Methoden der Wissenschaft erklären? Indem Descartes die denkende Substanz zu einer besonderen gegenüber der ausgedehnten machte, aus der die ganze Welt, außer dem Geist, bestehen sollte, entzog er den Menschen als denkendes Wesen der wissenschaftlichen Forschung. Er öffnete damit der theologischen Erklärung des Menschen Tür und Tor.

Marx schreibt zur Entwicklung, die von Descartes ausgeht: „In seiner Physik hatte Descartes der Materie selbstschöpferische Kraft verliehen und die mechanische Bewegung als ihren Lebensakt gefaßt. Er hatte seine Physik vollständig von seiner Metaphysik getrennt. Innerhalb seiner Physik ist die Materie die einzige Substanz, der einzige Grund des Seins und Erkennens.

Der mechanische französische Materialismus schloß sich der Physik des Descartes im Gegensatz zu seiner Metaphysik an. Seine [139] Schüler waren Antimetaphysiker von Profession, nämlich Physiker.“⁵⁸ Als Zentrum dieser Schule bezeichnet Marx den Arzt La Mettrie. In seinen Arbeiten „Der Mensch – eine Maschine“ und „Der Mensch – eine Pflanze“ wird wohl am deutlichsten der materialistische Standpunkt jener Zeit vom Menschen verfochten. Für ihn existiert nur eine Substanz, die Materie, die auf Grund der Kenntnisse in ihren Eigenschaften als schwer, träge, undurchdringlich und konzentriert den Raum erfüllend angesehen wurde. Demzufolge wirkt auch auf uns das Menschenbild La Mettries vereinfacht. „Man sieht“, schrieb La Mettrie, „daß es überhaupt nur eine Substanz auf der Welt gibt und daß der Mensch ihr vollkommenster Ausdruck ist. Er ist im Vergleich zu den Affen und den klügsten Tieren, was die Planetenuhr von Huyghens im Vergleich zu einer Uhr des Königs Julian ist. Wenn man mehr Instrumente, mehr Räder und mehr Federn brauchte, um die Bewegung der Planeten, als um die Stunden anzuzeigen und zu wiederholen, wenn Vaucanson mehr Kunst anwenden mußte, um seinen Flötenspieler als um seine Ente zu machen, so hätte er noch mehr Kunst anwenden müssen, um einen ‚Sprecher‘ herzustellen; eine solche Maschine darf ... nicht mehr als eine Unmöglichkeit angesehen werden ... Ich täusche mich sicher nicht, der menschliche Körper ist eine Uhr.“⁵⁹ La Mettrie überwand den Dualismus durch den materialistischen Monismus. Er hielt sich, um mit Marx zu sprechen, an die Physik des Descartes und nicht an seine Metaphysik. Damit war für den Arzt und den Naturwissenschaftler überhaupt der Weg frei, um den Menschen zum wissenschaftlichen Objekt zu machen. Sein Verhalten, seine Konstitution, sein Denken usw. sollten auf natürliche Weise erklärt werden, ohne außerweltliche geistige Prinzipien und göttliche Schöpfungsakte. Darin bestand die große Bedeutung der materialistischen Auffassung vom Menschen. Nicht ihre Beschränktheit vom Standpunkt moderner Wissenschaftsentwicklung interessiert uns in erster Linie, sondern ihre konzeptionelle Bedeutung für die Entwicklung der Physik und der Naturwissenschaften. Nicht mehr Spekulation und Offenbarung sollten zur Erklärung von Erscheinungen herangezogen werden, sondern die überprüfte materielle Wirkung wurde zur Grundlage der Theorie erklärt.

Voltaire machte in seinem „Philosophischen Wörterbuch“ die dadurch entstandene Situation in wissenschaftlichen Diskussionen auf seine ihm eigene ironische Art deutlich. Er vergleicht diejenigen, die über Materie und Geist reden, ohne sie zu erforschen, die die Materie als ausgedehnt und den Geist als unteilbar betrachten, [140] mit einem Schulmeister, der zum ersten

⁵⁷ Ebenda, S. 355.

⁵⁸ Marx/Engels, Werke Bd. 2, Berlin 1957, S. 133.

⁵⁹ De la Mettrie, Der Mensch – eine Maschine, Leipzig 1909, S. 57.

Mal eine englische Repetieruhr in der Hand hält und vorher nie eine Uhr gesehen hat. Er wird darüber verblüfft sein, wie genau die Zeit angegeben wird und wie durch einen Knopfdruck plötzlich die Stunde angibt, die der Zeiger zeigt. Dieser Schulmeister wird, in der bisherigen Philosophie geschult, annehmen, daß in der Uhr eine Seele ist, die sie lenkt und die Federn dirigiert. Voltaire schreibt dann weiter: „Einer seiner Schüler macht die Uhr auf; man entdeckt nur Federn in ihr, und trotzdem verteidigt man weiterhin die Theorie von der Seele der Uhren, die als bewiesen gilt. Ich bin so ein Schüler, der die Uhr öffnet, die man Mensch nennt, und, statt dreist zu definieren, was wir nicht verstehen, allmählich zu ergründen sucht, was wir erkennen möchten.“⁶⁰ Hier wird der Gedanke von Gassendi indirekt wieder aufgegriffen. Auch Descartes befand sich in der Lage des Schulmeisters. Er leitete aus der Existenz des Menschen und seiner Denkfähigkeit das Vorhandensein einer besonderen denkenden Substanz ab, die auf ein außerweltliches geistiges Wesen verweist. Damit hat er definiert, ohne zu untersuchen. Gassendi befand sich dagegen in der Lage des Schülers, der wissen wollte, wie denn die definierte Substanz beschaffen sein sollte. Aber der Lehrer antwortete nicht darauf.

Es ist interessant, daß in der Folgezeit von den Materialisten immer wieder die Einheit von Geist und Körper betont wird. Diderot mußte diesen Gedanken in seiner Schrift „Zur Interpretation der Natur“ hinter folgenden Worten verstecken: „Wenn uns der Glaube nicht lehrte, daß die Tiere aus den Händen des Schöpfers so hervorgegangen seien, wie wir sie sehen, und wenn es erlaubt wäre, auch nur die geringste Ungewißheit über ihren Anfang und ihr Ende zu haben, könnte dann der ganz seinen Vermutungen hingeebene Philosoph nicht vermuten: die Tierheit habe seit aller Ewigkeit ihre eigentümliche, in der Masse der Materie verstreuten und vermischten Elemente gehabt; es sei zur Vereinigung dieser Elemente nur deshalb gekommen, weil die Möglichkeit dafür bestanden habe: der aus diesen Elementen entstandene Embryo habe zahllose Gestaltungen und Entwicklungen erfahren und nacheinander Bewegung, Empfindung, Ideen, Denkvermögen, Überlegung, Bewußtsein, Gefühle, Leidenschaften, Zeichen, Gebärden, Laute, artikulierte Laute, Sprache, Gesetze, Wissenschaften und Künste bekommen: Millionen Jahre seien über jede dieser Entwicklungen verflossen ...“⁶¹ Diderot wurde wegen seiner materialistischen Ideen von den orthodoxen Anhängern der Kirche verfolgt, ebenso [141] war auch La Mettrie von seiner Stellung als Militärarzt vertrieben worden. Die materialistische Auffassung, die zur Entwicklung der Naturwissenschaft im 17. und 18. Jahrhundert beitrug, wurde wegen ihres Atheismus verleumdet, viele Schriften wurden verboten und ihre Verfasser verfolgt. Aber sie setzte sich durch. In seiner 1875 gehaltenen Rede würdigte Du Bois-Reymond die Bedeutung der Arbeiten La Mettries: „Der durch La Mettrie gemachte Fortschritt wird erst ganz einsichtlich, wenn man sich den Zustand der Metaphysik zur Zeit vergegenwärtigt, wo er auftrat. Halb theologischen Ursprungs, an die Voraussetzungen des Dogmas gebunden, wand sich diese Metaphysik hilflos in den Schlingen eines unlöslichen Widerspruchs. Seele und Leib mußten zwei verschiedene Substanzen sein, und die Mittel, welche, um dennoch deren Wechselwirkung zu zeigen, Descartes, Malebranche und Leibniz folgeweise vorschlugen, dienten nur, die verzweifelte Lage, in welche die dogmatisch-spekulative Methode geführt hatte, um so klarer zu zeigen... Es fehlte eine neue Methode der Forschung über die Seele. Diese Methode fand La Mettrie, man könnte sagen in der Einfalt seines Herzens, indem er, ein wahrer Naturforscher, induktiv zu Werke ging.“ Im 19. Jahrhundert war der von La Mettrie, Diderot und anderen vertretene Monismus zur vorherrschenden Auffassung unter den Naturforschern geworden. Du Bois-Reymond schildert die Situation mit den Worten: „Diese Lehre wird jetzt täglich in vielen Schriften ausdrücklich vorgetragen, noch öfter stillschweigend vorausgesetzt, auf Lehrstühlen und in öffentlichen Vorträgen erörtert, ohne daß ihre erklärten Anhänger irgendeiner Unannehmlichkeit ausge-

⁶⁰ Voltaire, Philosophisches Wörterbuch, Leipzig 1965, S. 140.

⁶¹ Diderot, Zur Interpretation der Natur, Leipzig 1965, S. 88.

setzt waren.“⁶² D’Alembert hatte in seiner 1751 herausgegebenen Einleitung zur Enzyklopädie nicht so eindeutig zum Leib-Seele-Problem Stellung genommen wie Diderot. Die Grenzen, in denen unser sicheres Wissen eingeschlossen ist, sieht d’Alembert einerseits in bestimmten Teilen der Mathematik und andererseits im Menschen. Für ihn sind es vage Vermutungen, wenn bestimmte Ärzte den menschlichen Körper, „diese höchst komplizierte Maschine“, „wie eine einfache oder kinderleicht zu zerlegende Maschine“ behandeln. „Die Natur des Menschen“, heißt es bei d’Alembert, „deren Erforschung so notwendig ist und von Sokrates so dringend empfohlen wird, ist für den Menschen selbst, wenn er nur von der Vernunft allein geleitet wird, ein undurchdringliches Geheimnis. Die größten Geister bringen es durch angestrenktes Nachdenken über diesen so wichtigen Gegenstand häufig nur dahin, daß sie noch etwas weniger davon verstehen als die übrigen Menschen.“⁶³

[142] Die erfolgversprechende Konzeption zur wissenschaftlichen Erforschung des Menschen war damit der materialistische Monismus.

Er faßt einerseits den Menschen als ein materielles Forschungsobjekt, das mit einer Uhr oder einer anderen komplizierten Maschine vergleichbar ist. Seine Bestandteile sind auf Grund bestimmter Bedingungen zusammengefügt, aber sonst auch vorhanden. Insofern ist der Mensch kein übernatürliches Wesen und auch nicht die Schöpfung eines solchen. Er ist ein natürliches Wesen, auf natürliche Weise erklärbar. Daraus ergibt sich andererseits schon die Notwendigkeit, die Entwicklung des Menschen zu erklären, weshalb auch schon erste Ansätze von Entwicklungsideen etwa bei Diderot zu finden sind.

Soweit es nicht die Entwicklung des Menschen, sondern seine Struktur, seinen Aufbau angeht, wurde er als eine mechanische Erscheinung gefaßt, auf die die Gesetze der Physik anwendbar sind. Noch im 19. Jahrhundert nutzte Helmholtz diesen Gedanken zu einer Kritik am Vitalismus aus. Die Annahme, daß eine besondere Lebenskraft existiere, die in der Lage wäre, physikalische und chemische Kräfte zu binden oder zu lösen, widerspricht nach Helmholtz dem Gesetz von der Erhaltung der Kraft. Könnte nämlich die Lebenskraft die Schwere eines Gewichts zeitweilig aufheben, so könnte es ohne Arbeit in beliebiger Höhe geschafft werden, wo es, nachdem die Wirkung der Lebenskraft aufgehoben ist, Arbeiten leisten kann. So wäre Arbeit aus Nichts entstanden.⁶⁴ Diese Argumentation von Helmholtz ist materialistisch und wendet sich gegen die nicht nachzuweisende und unnötige Annahme von der Existenz einer Lebenskraft, die die wirkliche Erforschung der Organismen und damit des Menschen hemmt.

Mit der von der klassischen Physik beeinflussten und vom mechanischen Materialismus in seinem Menschenbild vertretenen Annahme von der Gültigkeit der erkannten physikalischen Gesetze für den menschlichen Organismus war zugleich eine Konsequenz verbunden, die heftigen Angriffen, auch von seiten der Naturwissenschaftler, ausgesetzt war. Sollte doch ein physikalisches Objekt durch seinen gegenwärtigen Zustand schon sein gesamtes zukünftiges Verhalten vorherbestimmen, wenn keine Störungen eintraten. Diese Störungen waren jedoch ebenfalls in Gesetzen erfaßbar und konnten bei einer Vorausberechnung des zukünftigen Zustands berücksichtigt werden. Nach Laplace wäre deshalb ein Dämon in der Lage, das zukünftige Verhalten komplizierter und einfacher Körper exakt zu berechnen. Wenn also der Mensch einer Maschine ver-[143]gleichbar ist, dann muß er auch diesem strengen Determinismus unterliegen. Er ist also kein frei handelndes Wesen, sondern ein auf äußere Einflüsse reagierender Automat, dessen Verhalten vorherbestimmt ist. Das war die Konsequenz des mechanisch-materialistischen Monismus, vor der sich auch viele Naturwissenschaftler verschlossen. Nicht der materialistische Standpunkt war verkehrt, aber er war beschränkt. Erst

⁶² Von Liebig zu Laue, Berlin 1963, S. 97 und 100.

⁶³ D’Alembert, Einleitende Abhandlung zur Enzyklopädie, Berlin 1958, S. 3.

⁶⁴ Von Liebig zu Laue, a. a. O., S. 132.

die Entdeckung der das menschliche Verhalten erklärenden materiellen Verhältnisse, der Produktionsverhältnisse, und die konsequente Durchführung der Idee vom Menschen als einem gesellschaftlichen Wesen durch Marx erlaubten auch die Entwicklung eines wissenschaftlichen Menschenbildes.

Der mechanische Materialismus hatte die genannten Fragen an das Menschenbild auf folgende Weise beantwortet: Der Mensch erkennt die unabhängig von ihm existierende Welt, indem er die Eindrücke aufnimmt, die er von der Außenwelt erhält und die ihm Nachricht von dieser Außenwelt geben. Das besonders in der klassischen deutschen Philosophie vom Idealismus ausgearbeitete Moment der tätigen Auseinandersetzung des Menschen mit seiner Umwelt wurde nicht berücksichtigt. Zweitens kann der Mensch sich selbst erkennen, da er sich nicht speziell von anderen materiellen Objekten unterscheidet. Seine Bestandteile müssen auch so in der Natur vorkommen. Zu erkennen ist, in welcher spezifischen Weise diese Bestandteile im Menschen zusammengefügt sind. Drittens ist das menschliche Verhalten ebenso durch die Gesetze bestimmt wie die Bewegung physikalischer Objekte. Er ist zwar mit einer komplizierten Maschine vergleichbar, verhält sich jedoch, da er aus materiellen Objekten besteht, nach den Gesetzen dieser Objekte. Kompliziert ist die Analyse des Verhaltens durch die Vielzahl der Objekte, aus denen er besteht. Viertens ist der Mensch Objekt der wissenschaftlichen Forschung und darf nicht als Geschöpf eines übernatürlichen Wesens betrachtet und so der forschenden Analyse entzogen werden.

Die prinzipielle Kritik an diesen Auffassungen ebenso wie die Hervorhebung ihres rationalen Kerns enthält die marxistische Menschenauffassung, die hier aber nicht im einzelnen erörtert werden soll. Gegenstand der vorliegenden Betrachtung ist die Frage, wie auch die moderne Physik ihren Beitrag zum Menschenbild leistete, indem sie sich mit einzelnen Thesen des mechanischen Materialismus auseinandersetzte und sie physikalisch widerlegte. Dabei hat sich auch die Auffassung darüber gewandelt, was unter Physik zu verstehen ist. Bezeichnete sich Diderot noch als Physiker und [144] Chemiker und galt Leibniz noch als Universalgelehrter, so ist heute die Spezialisierung in den Wissenschaften so weit fortgeschritten, daß auch nicht das ganze Gebiet der Physik von einem allein überschaut werden könnte. Das ist gleichzeitig die Erklärung, daß nachstehend nur einige Aspekte neuer physikalischer Theorien unseres Jahrhunderts untersucht werden, die von besonderer philosophischer Bedeutung für das moderne Menschenbild sind.

Erkenntnis und Objektivität

Als in den zwanziger Jahren unseres Jahrhunderts die Quantentheorie ihre theoretische Gestalt in Schrödingers Wellenmechanik und Heisenbergs Matrizenmechanik fand und um die philosophische Deutung dieser Theorie gestritten wurde, stand immer wieder die Frage nach dem Verhältnis von Subjekt und Objekt im Mittelpunkt der Auseinandersetzung. Hatte doch der mechanische Materialismus das Erkenntnisideal verfochten, daß unsere Aussagen, unabhängig von der Beobachtung, unsere Kenntnisse über die existierenden Objekte zum Ausdruck bringen. In der Physik hatte der Mensch nichts zu suchen, sie war eine Theorie über Objekte, die vom Menschen unabhängig sind. Die Entdeckung dieser Zeit, daß Wellen Korpuskeleigenschaften und Korpuskeln Welleneigenschaften besitzen, fand ihren Ausdruck auch in den Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen hinsichtlich Ort und Impuls eines Objekts. Je bestimmter der Ort ist, desto unbestimmter ist der Impuls und umgekehrt.⁶⁵ Diesen Sachverhalt konnte man auf verschiedene Weise deuten. Es war möglich, die Unbestimmtheiten im Meßprozeß als Auswirkung eines Eingriffs des Experimentators in das ob-

⁶⁵ Die mit den Unbestimmtheitsrelationen zusammenhängenden philosophischen Probleme sind vom Verfasser ausführlich erläutert in: *Atome, Kausalität, Quantensprünge*, Berlin 1964, S. 11 ff.

jektive Geschehen zu erklären. Man kann diesen Sachverhalt durch folgendes Gedankenexperiment verstehen: Damit ein Physiker den Ort des Objekts messen kann, muß er es unter dem Mikroskop beobachten. Um etwas sehen zu können, braucht er Licht. Licht fällt auf das Objekt, wird reflektiert, gelangt durch das Mikroskop in das Auge des Beobachters und vermittelt dort die Nachricht vom Ort des Teilchens. Hat man es nun mit Objekten zu tun, die in ihren Eigenschaften mit dem Licht vergleichbar sind, dann kann man nicht mehr die Einwirkung des Lichts auf das Objekt vernachlässigen. Sie führt dazu, daß bei einer Ortsmessung das Licht den Impuls des Objekts verändert, denn um eine genaue Ortsmessung zu erhalten, muß man energiereiches Licht nehmen. Nimmt man [145] dagegen energiearmes Licht, dann erhält man eine genauere Impulsmessung, aber der Ort ist wegen der dabei auftretenden Beugungserscheinungen unbestimmt.

Bei diesem Gedankenexperiment sieht es so aus, als ob das Verhalten des Objekts vom beobachtenden Subjekt bestimmt wird. Natürlich verändert das Subjekt durch seine Messungen das Objekt. Allerdings wurde dieser Sachverhalt manchmal so dargestellt, als ob dadurch subjektunabhängige Gesetze und Objekte nicht mehr erkannt werden können. Der Mensch verändert danach die Umwelt, vergibt sich aber zugleich die Möglichkeit, die ihn umgebenden Objekte so zu erkennen, wie sie wirklich sind. Diese Auffassung stellt eine falsche Auslegung des Sachverhalts dar. Sie ist als Auseinandersetzung mit dem mechanisch-materialistischen Erkenntnisideal zu verstehen. Das klassische Objekt wurde als Massenpunkt im dreidimensionalen Raum erfaßt, dessen Bewegung durch die Änderung seiner Raumkoordinaten beschrieben werden kann. Dabei sollte der Beobachtungsprozeß ohne Einfluß auf das Objekt sein. Wenn jedoch die Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen berücksichtigt werden, dann ergibt sich immer eine nicht zu vernachlässigende Ortsunbestimmtheit bei den Mikroobjekten. Damit fällt das klassische Erkenntnisideal, aber der materialistische Standpunkt wird nicht widerlegt. Nur wird auch in der physikalischen Erkenntnis deutlich, wie kompliziert der Prozeß ist, der dem Menschen die Erkenntnis seiner Umwelt gestattet.

Die moderne Physik verwies also auf neue Momente in der physikalischen Erkenntnis, die allgemeine Bedeutung für die Erkenntnistheorie haben und in anderen Wissenschaften teilweise früher erkannt wurden: Erstens wurden zur Erkenntnis der physikalischen Objekte immer mehr Geräte erforderlich, die den Menschen nicht mehr mit dem Objekt selbst konfrontierten, sondern mit den Wirkungen des Objekts auf das Gerät. Als Beispiel diene etwa das Verhalten von Elementarteilchen in der Nebel-, Blasen- oder Funkenkammer. Dort zeigen sich die Wirkungen der Elementarteilchen auf den Kammerinhalt, die als Spuren aus Kondensationspunkten, Entladungen usw. photographiert werden können. Danach lassen sich diese Photographien als Bilder des Elementarteilchenverhaltens interpretieren. Daraus ergibt sich schon, daß man es bei physikalischer Erkenntnis nicht mehr mit systematisierter Anschauung zu tun hat, wie das noch in der klassischen Mechanik der Fall war. Die moderne Theorie ist nicht mehr am Verhalten des Objekts selbst zu überprüfen, sondern nur an seinen Wirkungen auf andere physikalische Objekte, wobei das Gerät eine Nachricht vom Verhalten vermittelt. Waren früher die Geräte nur verlängerte Sinnesorgane, so sind sie jetzt direkter Bestandteil des Objektverhaltens. Das ist kein Nachteil für die Erkenntnis, denn moderne Geräte gestatten, die Wechselwirkungen physikalischer Objekte besser zu erfassen und damit tiefer in das Wesen der physikalischen Prozesse einzudringen, die eben kein isoliertes Objektverhalten sind. Die Beziehung zwischen Objekt und Theorie ist also komplizierter geworden. Das wird auch deutlich an der Verwendung mathematischer Theorien und Methoden zur Darstellung und Ausarbeitung physikalischer Theorien. Die durch Geräte verstärkten Sinnesorgane sind nicht mehr die einzigen Bindeglieder zwischen Theorie und Objektverhalten, sondern das Verhalten des Objekts wird erst der sinnlichen Erkenntnis durch die Wechselwirkung von Objekt und Gerät zugänglich, wobei vom Einfluß des Geräts nicht mehr abstrahiert werden kann.

Das Subjekt verändert also zweitens bewußt das Objekt, um sein Verhalten besser erkennen zu können. Damit kann die Physik nicht mehr bei der Beschreibung des Experiments stehenbleiben, sondern muß zur theoretischen Verallgemeinerung fortschreiten. Hier hat sie den Newtonschen Standpunkt, nach dem die Physik keine Hypothesen machen dürfe, verlassen müssen. Noch zu Beginn unseres Jahrhunderts hatte Röntgen von Joffe für die gemeinsame Publikation von experimentellen Daten gefordert, daß das ohne hypothetische Erklärungen erfolgen müsse. Joffe vertrat den Standpunkt, daß die Beobachtungen ihren Wert gerade erst zeigen, wenn sie als Begründung bestimmter theoretischer Schlüsse dargestellt werden. Röntgen wollte davon nichts wissen, und so blieben Beobachtungen aus den Jahren 1904 bis 1907 erst einmal unveröffentlicht. Erst 1920 entschloß sich Röntgen, einen Teil zu veröffentlichen, der die Bestrahlung von Steinsalzkrystallen betraf.⁶⁶ Die Angst vor unbegründeten Hypothesen war in der Zeit der spekulativen Naturphilosophie berechtigt. Soweit sie jedoch zur Zeit der veränderten Beziehung zwischen Objekt und Theorie, wie sie im ersten Punkt angedeutet wurde, noch anhielt, wurde sie zum Hemmnis für die Aufstellung von Hypothesen überhaupt und damit für die physikalische Erkenntnis. Die moderne Physik ist ohne Hypothesenbildung nicht mehr denkbar. Diese ist ein legitimes Erkenntnismittel, das Objektverhalten und Theorie miteinander im Erkenntnisprozeß verbindet. Nicht mehr die Anschauung allein liefert durch ihre Systematisierung neue Theorien, sondern heuristische [147] Hinweise aus der Mathematik, philosophische Überlegungen, Analogien usw. führen zu fruchtbaren Hypothesen, deren theoretische Konsequenzen mittels der Geräte überprüft werden können. Damit sind durch die veränderten Einwirkungen des erkennenden Subjekts mittels der Geräte auf das Objekt zwar die Beziehungen zwischen Theorie und Objekt nicht mehr direkt, sondern durch Hypothesen, Modelle, Analogien usw. vermittelt, zugleich offenbart jedoch das Objekt dadurch seine komplizierte Struktur und seine Beziehungen zu anderen Objekten. Aus dem durch die Einwirkung des Subjekts gesteuerten Verhalten des Objekts muß auf die objektiven Gesetze geschlossen werden. Dazu ist die Beschreibung nicht ausreichend, sondern das erfordert theoretische Analyse.

Drittens ist das physikalische Objekt nicht mehr als Ganzes mit einer Grundeigenschaft, die sich in einem entscheidenden Experiment (*experimentum crucis*) offenbart, erkennbar. Gaben die Beugungserscheinungen des Lichts den Anlaß, den Streit zwischen Newton und Huyghens zugunsten des letzteren zu entscheiden und damit die Wellentheorie des Lichts anzuerkennen, so zeigten die Einsteinschen Lichtquantenhypothese und der von de Broglie behauptete durchgängige Wellen-Korpuskel-Dualismus für alle physikalischen Erscheinungen, wie kompliziert physikalische Objekte wirklich sind. Jedes Experiment liefert mit seinen Ergebnissen nur ein Moment des Wesens der untersuchten Prozesse, da der Prozeß unter vom Menschen bewußt gesetzten definierten Bedingungen abläuft. Erst die Analyse vieler Experimente, bei denen Prozesse unter verschiedenen Bedingungen ablaufen, führt zu einem Komplex von solchen Wesensmomenten, die als Grundlage der Theorienbildung dienen können. So mußten die Welleneigenschaften der Mikroobjekte mit den Korpuskeleigenschaften verbunden werden, um zu einem Bild des Objekts zu kommen.

Viertens ist nicht mehr das isolierte Objekt Gegenstand der Erkenntnis, denn seine verschiedenen Eigenschaften offenbaren sich gerade erst in der Wechselwirkung mit anderen Objekten. Dabei ergibt sich außerdem für das Objektverhalten nicht nur eine Möglichkeit, sondern mehrere. Jedes Elementarteilchen hat verschiedene Reaktionskanäle, das heißt, es kann sich in verschiedene andere Teilchen umwandeln, wenn eine Reihe von Erhaltungssätzen dabei nicht verletzt werden.

Fünftens könnte man die durch die bisher erwähnten neuen Momente der physikalischen Erkenntnis hervorgerufenen begrifflichen Schwierigkeiten noch erwähnen. So war Schrödinger,

⁶⁶ A. F. Joffe, *Begegnungen mit Physikern*, Moskau 1962, S. 20.

als er seine [148] Wellentheorie entwickelte, anfangs davon überzeugt, daß seine Theorie objektiv-reale Wellen in ihrem Verhalten erfasse. Die vorher erwähnte Kompliziertheit der Objekte zeigt jedoch, daß die existierenden Objekte keine reinen Wellen, aber auch keine reinen Korpuskeln sind. Unsere Begriffe erfassen also auch nur eine Seite des Objektverhaltens und nicht das gesamte Objekt durch eine Grundqualität.

In den genannten neuen Momenten der physikalischen Erkenntnis wird ein neues Verhältnis des Menschen zur Natur sichtbar. Er verändert die Natur, um sie zu erkennen. Diese Einsicht widerspricht schon dem klassischen Erkenntnisideal, reicht aber nicht aus, um das neue Verhältnis zu charakterisieren. Dazu gehört vor allem die Einsicht in die komplizierten Beziehungen zwischen Theorie und Objekt. Eben darum ging es auch Weizsäcker, als er vor Jahren schrieb: „Die heutige Vorstellung der Atomphysik vom Dualismus von Teilchen und Welle bezieht auf eine überraschende Weise den Menschen selbst in die Atomphysik ein. Nicht als einen Gegenstand der Erforschung. Auch die heutige Atomphysik ist Wissenschaft von den Atomen und nicht vom Menschen. Aber sie bezieht den Menschen ein als eine Voraussetzung, die selbstverständlich schon da ist, ehe die Physik beginnen kann. Sie spricht ihre Begriffe so aus, daß bei der bloßen Definition dieser Begriffe bereits Rücksicht genommen wird darauf, daß es Begriffe zur Beschreibung von Beobachtungen sind. Die Wechselwirkung des Beobachters mit dem Atom ist einer der Grundbegriffe in der Analyse der heutigen Physik. Der Mensch, der etwas wissen will und der etwas tun kann, ist Voraussetzung der sämtlichen Begriffsbildungen, die die Physik heute macht. So ist also der Mensch in der heutigen Physik als bewußtes, wollendes, denkendes, experimentierendes, planendes Wesen berücksichtigt. Er ist nicht erklärt, er ist aber vorausgesetzt...“⁶⁷ Ausgehend von den Ergebnissen der modernen Physik wird von den Physikern das anerkannt, was Lenin bereits zu Beginn unseres Jahrhunderts in seiner Wahrheitstheorie ausgedrückt hat. Der Mensch erkennt die objektive Wahrheit, d. h. einen Inhalt unserer Vorstellungen, der außerhalb und unabhängig von unserem Bewußtsein existiert. Aber diese Erkenntnis ist relativ, abhängig von den gesellschaftlichen Möglichkeiten und Bedürfnissen der Menschen. Wissenschaftliche Erkenntnis erfolgt stets unter bestimmten gesellschaftlichen Verhältnissen und wird von ihnen beeinflusst.

Der Mensch ist also aus dem physikalischen Erkenntnisprozeß nicht mehr wegzudenken, womit das klassische Erkenntnisideal [149] auch in der Physik widerlegt ist. Das hat nun wieder Bedeutung auch für andere Wissenschaften. Durch den mechanischen Materialismus war ein Wissenschaftsideal entwickelt worden, das wesentlich an der klassischen Physik orientiert war. Die wissenschaftliche Theorie war eine Beschreibung des Objektverhaltens unabhängig vom Menschen. Zwar sind auch heute wissenschaftliche Erkenntnisse subjektunabhängig. Sie können aber nur durch die bewußte Veränderung der Objekte durch den Menschen erreicht werden, wobei der Erkenntnisprozeß selbst der wissenschaftlichen Analyse bedarf, da er immer komplizierter geworden ist. Die letzte Bastion für das klassische Erkenntnisideal ist gefallen, auch die Physik muß die Wechselwirkung zwischen Subjekt und Objekt im Erkenntnisprozeß berücksichtigen.

Gibt es eine physikalische Welttheorie?

Weizsäcker betonte, der Mensch ist in der modernen Physik zwar vorausgesetzt, aber nicht erklärt. Damit fällt zwar die klassische Auffassung vom Erkenntnisprozeß, in der das verändernde Einwirken des Menschen auf die Natur vernachlässigt wurde, aber die Möglichkeit einer auf moderner Physik begründeten allgemeinen Welttheorie wäre damit nicht widerlegt. Es wäre denkbar, daß die großen Erfolge der modernen Physik auch die Rückführbarkeit der Biologie und anderer Wissenschaften auf die Physik ermöglichen. Dann wäre auch eine phy-

⁶⁷ C. F. von Weizsäcker, Atomenergie und Atomzeitalter, Frankfurt/M. 1967, S. 59.

sikalische Erklärung des Menschen zu erwarten. Es wurde schon darauf hingewiesen, wie Helmholtz mit physikalischen Argumenten die Existenz einer Lebenskraft widerlegte. Vielleicht liefert die moderne Physik auch tiefere Einsichten in die Struktur des Menschen. Wenn man das Verhältnis der Physik zu anderen Wissenschaften untersucht, dann darf man drei Probleme nicht miteinander vermengen. Erstens geht es um die mögliche Rückführbarkeit aller Wissenschaften auf die Physik, das heißt, ein wissenschaftliches Problem gilt dann erst als gelöst, wenn seine Erklärung sich aus einer physikalischen Theorie ergibt, alles andere wären vorläufige Lösungen. Zweitens handelt es sich um neue Einsichten in biologische und andere Strukturen mit Hilfe physikalischer Erkenntnisse. Dafür sprechen die Erfolge der Biophysik. Beide Standpunkte richten sich gegen die Anerkennung einer besonderen Lebenskraft in der Biologie, unterscheiden sich jedoch in der Anerkennung spezifischer, nicht reduzierbarer Gesetze anderer Wis-[150]senschaften neben der Physik. Drittens liefern weder Physik noch Biologie die Erklärung des menschlichen Verhaltens. Dazu ist die Aufdeckung der gesellschaftlichen Gesetze und die Erklärung des gesellschaftlichen Bewußtseins aus dem gesellschaftlichen Sein notwendig. Biologie kann nicht auf Physik, Gesellschaftswissenschaften können nicht auf Naturwissenschaften reduziert werden.

Zunächst seien die Voraussetzungen für eine mögliche Rückführbarkeit speziell der Biologie auf die Physik betrachtet. Dafür spricht die Existenz von Elementarteilchen in allen biologischen Erscheinungen, also auch im Menschen. Sicher wird der Materialist die Frage verneinen, ob es bestimmte spezifische Lebensatome gibt. Er muß deshalb die Spezifik der Biologie in den Wechselbeziehungen der Elementarteilchen tatsächlich suchen. Aber damit hat er noch keine sichere Basis für eine physikalische Theorie biologischen Verhaltens. Wären die Elementarteilchen unteilbare Bausteine mit einer oder wenigen Grundqualitäten, durch deren bekannte Beziehungen die biologischen Prozesse erklärbar wären, so könnte man die physikalische Theorie zu einer allgemeinen Welttheorie ausbauen. Das ist jedoch nicht der Fall. Erstens ist heute von der Physik noch nicht geklärt, ob die Elementarteilchen nicht wieder aus Fundamentarteilchen bestehen. Es wird fieberhaft nach solchen hypothetischen Teilchen, die Quarks genannt werden, gesucht. Zweitens besteht die Möglichkeit, daß keine fundamentalen Teilchen gefunden werden. Dadurch würde die angenommene Rückführbarkeit wieder wahrscheinlich werden. Jedoch können sich völlig neuartige Beziehungen zwischen den Teilchen herausstellen, vergleichbar mit der Entdeckung von der Umwandlung von Stoff in Strahlung. Das wiederum verweist darauf, daß bei der Annahme unteilbarer Teilchen diese Teilchen in ihren Beziehungen unerschöpflich sein können. Geht man aber drittens von der Annahme unteilbarer Teilchen und einer beschränkten Anzahl von Grundbeziehungen aus, so zeigt die Quantenmechanik, daß man nicht das Verhalten des einzelnen Objekts mit Gewißheit erfassen kann, sondern mit statistischen Gesetzen Wahrscheinlichkeitsaussagen für das Verhalten des Einzelobjekts erhält. Sollte deshalb die physikalische Theorie biologischen Verhaltens auf der Grundlage von statistischen Gesetzen aufgebaut werden, so würden die physikalischen Unbestimmtheiten in biologischen Systemen sich so verstärken, daß die aufzustellenden Gesetze nicht mehr liefern als die biologischen Gesetze auch. Wenn das der Fall ist, wäre es sinnlos, nach physikalischen Gesetzen zu suchen, die die biologischen Gesetze erklären können.

[151] Die angeführten Schwierigkeiten bei der physikalischen Theorienbildung lassen deshalb die Rückführbarkeit der Biologie auf die Physik unwahrscheinlich werden. Damit ist jedoch nichts gegen die Hypothese eines radikalen Physikalismus gesagt, wie er etwa von Weizsäcker in seiner Rede vor der Leopoldina im Oktober 1965 vertreten wurde. Solange man die biologische Forschung nicht in das Zwangskorsett physikalischer Methoden und Theorien allein steckt, hat der Versuch, biologische Phänomene physikalisch zu erklären, große heuristische Bedeutung. Damit käme man jedoch schon mehr zu der anfangs erwähnten zweiten Auffassung von der Bedeutung der Physik für die Biologie. Läscher unterscheidet

dabei zwei Richtungen in der Entwicklung der biologischen Wissenschaften. Erstens die Erforschung der biologischen Gesetze, wobei die Organismen als Ganzes behandelt werden, und zweitens die Erforschung der physikalischen und chemischen Prozesse, die in ihrer Wechselwirkung das Lebensgeschehen ergeben. Diese Richtung will die Ganzheit biologischen Verhaltens durch die Synthese der analytischen Bausteine erhalten.⁶⁸ Die Physik wird damit zur Hilfswissenschaft bei der Erforschung biologischer Vorgänge. Sie hilft, tiefer in das Wesen der biologischen Prozesse einzudringen. Wenn wir an einer Bemerkung zum Verhältnis von Subjekt und Objekt anknüpfen wollen, dann liefert auch die physikalische Untersuchung biologischer Phänomene Momente des Wesens, die, mit anderen Momenten in Verbindung gebracht, die biologische Theorie erst konstituieren lassen. Es wäre also völlig verfehlt, die Bedeutung der Physik für die Biologie und damit auch für die Struktur des Menschen zu negieren. Eine Rückführbarkeit biologischer Theorien auf physikalische kann jedoch daraus nicht abgeleitet werden.

Wenn wir das Verhältnis von Biologie und Physik, ausgehend von den bekannten Gesetzen, analysieren, dann kann man mit Hilfe der Begriffe System und Element die Beziehungen zwischen beiden Wissenschaften charakterisieren. Unter System ist eine relativ stabile Gesamtheit von Beziehungen zwischen den Elementen zu verstehen, die als unanalysierte Glieder des Systems betrachtet werden. In diesem Sinne sind Protonen, Neutronen und Elektronen Elemente der Atomphysik, ihre Beziehungen konstituieren das Atom. Um das Verhalten der Elemente bestimmen zu können, müssen die Systemgesetze bekannt sein, die den Rahmen für das Elementverhalten festlegen, aber das Verhalten nicht eindeutig bestimmen. Die Elemente haben einen Verhaltensspielraum im Rahmen der Systemgesetze. Dabei soll hier nicht interessieren, ob die Elemente selbst [152] wieder Systeme mit eigenen Systemgesetzen sind. Zweifellos gehen nun auch Elementarteilchen in biologisches Systemverhalten ein, aber sie sind bereits in Subsystemen zusammengefaßt, in Atomen, Molekülen, Säuren, wie DNS und RNS usw. Geben schon die Gesetze der Subsysteme einen Spielraum für das Verhalten der Elementarteilchen, so sind durch die Gesetze des Gesamtsystems, etwa eines biologischen Organismus, die Elementarteilchen in ihrem Verhalten keineswegs eindeutig bestimmt. Das wäre aber wiederum die Voraussetzung dafür, durch die Erforschung des Elementarteilchenverhaltens und ihrer theoretischen Erfassung zu einer vollständigen physikalischen Theorie biologischen Verhaltens zu kommen.

Immer mehr drängt die physikalische Erkenntnis in die Richtung der Erkenntnis von Beziehungen der Objekte an Stelle der Objekte selbst. Hätte man eine vollständige Erkenntnis physikalischer Objekte, dann könnte man auch Systeme mit diesen Objekten als Elementen aufbauen und hätte mit den Elementen schon die Systeme erkannt. Wenn jedoch die Erkenntnis der Beziehungen im Vordergrund steht, dann muß man die Systemgesetze aufdecken, um das Verhalten der Elemente zu erkennen. Geht damit ein System, wie das Atom, in ein Molekül ein, so sind die Gesetze des Molekülverhaltens wiederum nicht aus den Gesetzen der einzelnen Atome zu erhalten, sondern stellen selbständige Systemgesetze des Moleküls dar, die aus der Analyse des Verhaltens von Molekülen gewonnen werden. Insofern hat auch der biologische Organismus seine eigenen Systemgesetze. Damit wird sowohl der Verhaltensspielraum der Elementarteilchen gewährleistet als auch die Unerschöpflichkeit der Beziehungen und die mögliche Existenz von Fundamentarteilchen berücksichtigt. Die offenen Fragen der Physik sind kein Hinderungsgrund zum Aufbau einer biologischen Theorie.

Dabei wirken nicht nur Systeme gleichen Entwicklungsniveaus aufeinander ein. Beispielsweise setzt sich der Mensch nicht nur mit dem Verhalten anderer Menschen auseinander, sondern auch mit der lebenden und nichtlebenden Natur. So wirken über die Atmosphäre

⁶⁸ Natur und Erkenntnis, Berlin 1964, S. 250.

chemische Verbindungen auf den Menschen ein, und die Aufnahme von Nahrung oder von Heilmitteln zwingt ihn, physikalische und chemische Substanzen in das Gesamtsystem zu integrieren. Die dabei auftretenden Wechselwirkungen müssen ebenfalls untersucht werden. Es geht also nicht nur um die physikalischen Prozesse in Organismen, die den Organismus konstituieren, sondern auch um die physikalischen Prozesse, die bei dem erwähnten Integrationsvorgang entstehen. Damit zeigt sich, wie heute die Physik [153] zum Verständnis der biologischen Prozesse und der Struktur des Menschen und seines Verhaltens beitragen kann, indem ihre Erkenntnisse ausgenutzt werden, um die Grundlagen biologischen Verhaltens zu erforschen. Die physikalischen Gesetze als Gesetze von Subsystemen im Organismus können jedoch die Systemgesetze für biologische Systeme nicht ersetzen und liefern erst recht keine Erklärung des gesellschaftlichen Verhaltens der Menschen.

Einerseits hat also eine mögliche Rückführung aller Wissenschaften auf Physik kaum Aussicht auf Erfolg, obwohl man dem Versuch, alles auf Physik zurückzuführen, eine gewisse heuristische Bedeutung nicht absprechen kann. Insofern fällt das klassische Ideal, den Menschen allein mit physikalischen Methoden zu erklären. Andererseits darf man jedoch die Bedeutung der Physik zur Klärung biologischer Phänomene nicht unterschätzen. Die Erkenntnis biologischer Systeme kann durch die Erforschung ihrer Subsysteme zwar nicht ersetzt, aber doch bereichert werden. Der Materialismus hat also mit seiner Grundkonzeption recht behalten, den Menschen auf natürliche Weise zu erklären. Nicht die Trennung der denkenden von der ausgedehnten Substanz half weiter, sondern die monistische Konzeption, die die Einheit von Geist und Körper erklären wollte und den Geist nicht der Forschung entzog. Auf diesem Wege sind wir heute sehr viel weiter als die Materialisten des 17. und 18. Jahrhunderts, ohne jedoch alle Rätsel schon gelöst zu haben. Vor allem hat der Materialismus seine Tragfähigkeit durch die wissenschaftliche Erforschung der Gesellschaft erwiesen. Als historischer Materialismus hat er in den Produktionsverhältnissen die materiellen gesellschaftlichen Verhältnisse gefunden, die Grundlage für die Existenz von Gesellschaftsformationen sind. Damit wurde das wissenschaftliche Kriterium der Wiederholbarkeit auch in der Gesellschaftslehre anwendbar.

Zur Determiniertheit menschlichen Verhaltens

Die Antwort auf die Frage nach der Determiniertheit menschlichen Verhaltens, wie sie vom mechanischen Materialismus gegeben wurde, war eindeutig. Der Mensch als komplizierte Maschine ist in seinem zukünftigen Verhalten durch den gegenwärtigen Zustand bestimmt. Wie die Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen zeigen, ist es jedoch nicht möglich, den gegenwärtigen Zustand physikalischer Objekte so eindeutig zu bestimmen, daß damit auch das [154] zukünftige Verhalten bestimmt ist. Von vielen Physikern, besonders der Kopenhagener Schule um Niels Bohr, wurde die Durchbrechung der strengen klassischen Determiniertheit begrüßt. Die Diskussion um die philosophischen Konsequenzen der Quantentheorie wurde jahrzehntelang heftig um die Kritik des klassischen Determinismus und den Aufbau einer neuen Determinismusauffassung geführt, deren wesentliche Bestandteile die Anerkennung objektiver Zufälle, des unterschiedlichen Charakters von dynamischen und statistischen Gesetzen und des Unterschieds zwischen Kausalität und Gesetz ist.⁶⁹ Wenig diskutiert wurden dagegen die Konsequenzen, die sich daraus für die Gesetzesauffassung in den Gesellschaftswissenschaften ergeben, wenn man von allgemeinen Deklarationen über die Bedeutung der neuen Auffassung zur Erklärung gesellschaftlicher Phänomene absieht. Max Born machte auf mögliche Beziehungen zwischen den Gesetzen in der Physik und gesellschaftlichen Erscheinungen aufmerksam, ohne jedoch das Problem weiter zu verfolgen. „Ich bin überzeugt“, schrieb er, „daß die Gesetze der Statistik in der Geschichte genau so gelten wie

⁶⁹ Vgl. H. Hörz, Werner Heisenberg und die Philosophie, Berlin 1968, S. 157 ff.

beim Roulette, in der Atomphysik, der Stellarastronomie, der Vererbungslehre usw., nämlich immer dann, wenn es sich um große Zahlen handelt ... Wir wissen heute, daß die meisten Naturgesetze statistischen Charakter haben und wohl Ausnahmen zulassen; wir Physiker sprechen von Schwankungen. Auch die Größe der Schwankungsabweichungen folgt wieder bestimmten statistischen Regeln. Mir scheint, daß die gewöhnliche Geschichte es in der Hauptsache mit diesen Schwankungen zu tun hat, die chaotisch und sinnlos scheinen.⁷⁰ Sicher ist die Übertragung von Denkrichtungen, wie sie in der Physik sich herausgebildet haben, auf die Untersuchung gesellschaftlicher Erscheinungen problematisch. Man muß die Unterschiede berücksichtigen, die zwischen Natur- und gesellschaftlichen Gesetzen existieren. Sprang jedoch dieser Unterschied früher dadurch ins Auge, daß die physikalischen Gesetze eindeutig das Verhalten physikalischer Objekte bestimmten, während die gesellschaftlichen Gesetze nur als Resultate aus dem Verhalten vieler Menschen sich ergaben, so zeigen sich heute doch einige Gemeinsamkeiten, und der Unterschied ist schwerer zu bestimmen.

Zunächst sei für diesen Zweck noch einmal darauf hingewiesen, was im philosophischen Sinne unter dynamischen und statistischen Gesetzen zu verstehen ist. Für das Verhalten eines klassischen Körpers, dessen Koordinaten und Impulse zu einem bestimmten Zeitpunkt bekannt waren, ließen die Gesetze der klassischen Physik, [155] wenn keine äußere Beeinflussung stattfand, nur eine Möglichkeit zu, die er notwendig verwirklichen mußte. Bei äußerer Beeinflussung mußten die Koordinaten und Impulse der anderen Körper berücksichtigt werden, um auch dann nur eine Verhaltensmöglichkeit zuzulassen. Diese eindeutige Bestimmtheit des Verhaltens durch das Gesetz ist charakteristisch für das dynamische Gesetz.

Die moderne Physik hatte bei ihren Experimenten mit Mikroobjekten, die durch einen schmalen Spalt gehen und dann auf einen Leuchtschirm fallen, nachgewiesen, daß zwar die Verteilung der durch den Spalt gegangenen Teilchen eindeutig und voraussagbar ist, das Verhalten des Einzelteilchens dagegen nur in seiner Wahrscheinlichkeit erfaßt werden kann. Damit gibt es für das Einzelteilchen verschiedene Möglichkeiten seines Verhaltens. Es kann auf verschiedenen Orten des Schirms auftreffen, wenn die Wahrscheinlichkeit für das Auftreffen eines Teilchens im Gesetz nicht gleich Null für diesen Ort ist.

Wir haben für die dynamischen und statistischen Gesetze allgemeine Formulierungen angegeben, die nicht nur für physikalische Gesetze zutreffen. Wenn beispielsweise im Wertgesetz zum Ausdruck gebracht wird, daß die Erzeugnisse zum gesellschaftlich notwendigen Arbeitsaufwand zu produzieren und zu realisieren sind, so ist damit für alle Erzeugnisse nur eine Möglichkeit angegeben, die notwendig verwirklicht werden muß. Dieses Gesetz würde nach unserer allgemeinen Definition dynamischen Charakter besitzen. Marx hatte jedoch bei der Behandlung des Wertgesetzes schon auf seinen Tendenzcharakter verwiesen, der sich über die zufälligen und schwankenden Austauschverhältnisse durchsetzt. Insofern können wir von einem potentiell statistischen Gesetz sprechen. Würde man nun konsequent die oben angeführte Konzeption der statistischen Gesetze durchführen, so würde das verlangen, daß aus dem Wertgesetz zugleich bestimmte Wahrscheinlichkeiten abzulesen sind, für die Schwankungen des Preises um den Wert. Dann würde das Gesetz statistischen Charakter besitzen, da es für die Preise eine Reihe von Möglichkeiten angibt, die verwirklicht werden können. Ob das Wertgesetz seinen potentiell statistischen Charakter behält oder zum statistischen Gesetz ausgearbeitet werden kann, muß die ökonomische Forschung entscheiden. Aus diesem Beispiel wird aber deutlich, wie aus der Verallgemeinerung physikalischer Erkenntnisse heuristische Hinweise für die Erforschung der Gesellschaft entstehen.

⁷⁰ M. Born, Physik im Wandel unserer Zeit, a. a. O., S. 205. Vgl. auch H. Hörz, Die Rolle statistischer Gesetze in den Gesellschaftswissenschaften und ihre Bedeutung für die Prognose. In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie 3/1968.

Betrachtet man nun das Verhalten der Menschen im Zusammen-[156]hang mit der Erörterung über dynamische und statistische Gesetze, dann sehen wir, daß für das gesellschaftliche Verhalten der Menschen statistische Gesetze gelten müssen, die etwas über die Entwicklung der Gesellschaft als System aussagen, während das Verhalten der einzelnen Menschen und Menschengruppen durch eine Skala von Möglichkeiten bestimmt ist, von denen eine verwirklicht werden muß. Während jedoch die Verwirklichung der Möglichkeiten im physikalischen Gesetz durch die physikalischen Objekte stets nach dem gleichen Verteilungsgesetz vor sich geht, ändert sich in der Gesellschaft der Wahrscheinlichkeitswert für die Möglichkeiten des menschlichen Verhaltens durch die Änderung der gesellschaftlichen Verhältnisse. So ist etwa in der Übergangsperiode vom Kapitalismus zum Sozialismus in einem Staat, in dem die Frage „Wer – wen?“ noch nicht entschieden ist, die Wahrscheinlichkeit für eine mögliche Rückkehr zum Kapitalismus noch größer als in späteren Etappen, wo die Wahrscheinlichkeit für die sozialistische Entwicklung fast an Gewißheit grenzt. Dasselbe gilt auch für das mögliche Verhalten einzelner Menschen und Gruppen, das sich in seiner Wahrscheinlichkeit verändert, wenn sich die gesellschaftlichen Verhältnisse ändern.

Die Physik kann durch ihre strenge Analyse des Verhältnisses von dynamischen und statistischen Gesetzen einerseits heuristische Hinweise für die gesellschaftswissenschaftliche Forschung geben, die hier nur kurz erwähnt werden konnten. Andererseits wird auch hier wieder das mechanisch-materialistische Menschenbild in einer seiner Grundfesten getroffen. Der auch für menschliches Verhalten als gültig angenommene klassische Determinismus gilt nicht einmal für alle physikalischen Objekte. Er ist ein Grenzfall einer umfassenderen Determinismuskonzeption, die auf der Anerkennung des objektiven Zufalls und seiner Erkenntnis im statistischen Gesetz beruht. Damit erhält das Unbehagen vieler Wissenschaftler, das sie zur Übertragung des klassischen Determinismus auf menschliches Verhalten äußerten, seine theoretische Rechtfertigung durch die Physik selbst. Es gibt keine eindeutige Vorherbestimmtheit für das Verhalten physikalischer Objekte. Der Zufall spielt eine Rolle. Aber zufälliges Verhalten ist der Erkenntnis nicht verschlossen, sondern kann im statistischen Gesetz in seiner Wahrscheinlichkeit erfaßt werden. Insofern sind die statistischen Gesetze ein Erkenntnisfortschritt gegenüber den dynamischen. [157]

Physik und Humanismus

In den einleitenden Bemerkungen wurde schon auf die großen Erfolge der Physik bei der Verbesserung der Lebensweise der Menschen aufmerksam gemacht, aber auch auf die Gefahren hingewiesen, die durch physikalische Erkenntnisse drohen. Die Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse zum Nutzen oder Schaden der Menschheit ist von den gesellschaftlichen Verhältnissen abhängig. Die von Ausbeutung und Unterdrückung freie sozialistische Gesellschaft ermöglicht auch die humane Verwendung wissenschaftlicher Einsichten in die Naturvorgänge. Brecht verurteilt Galileis Widerruf, weil er damit die Physik auch der allgemeinen gesellschaftlichen Kontrolle durch die Diskussion ihrer Grundideen in der weltanschaulichen Auseinandersetzung entzog. Sie wurde zu einer Spezialwissenschaft, die nur dem Eingeweihten zugänglich ist. Später wurden im mechanischen Materialismus physikalische Denkweisen zum Maßstab wissenschaftlichen Arbeitens überhaupt genommen. Die Maßstäbe wurden korrigiert, aber es besteht immer wieder die Gefahr, Teilerkenntnisse für die ganze Wahrheit auszugeben und Wissenschaftskonzeptionen auf der Grundlage von Erfolgen einzelner Wissenschaften zu entwickeln. Viele Wissenschaftler sehen darin eine Gefahr, die besonders deutlich wird, wenn das Menschenbild einseitig ist. Die Bedeutung des mechanischen Materialismus lag auch darin, daß der Mensch zum Objekt der wissenschaftlichen Forschung gemacht wurde. Die Grenzen für die Forschung sind jedoch nicht aus den Erfolgen der Wissenschaft ableitbar. Dazu bedarf es der Maßstäbe, die der Mensch aus humanistischer

Verantwortung heraus setzt. Der sozialistische Humanismus erlaubt dabei die durch die Macht der Arbeiterklasse gesicherte Verwendung naturwissenschaftlicher Ergebnisse zum Nutzen des gesellschaftlichen Fortschritts.

Der Physiker W. Heitler macht auf die Gefahren aufmerksam, die durch die Konzeption entstehen, wissenschaftliche Erfolge allein zum Ziel wissenschaftlichen Forschens zu machen und dabei den Menschen zu vergessen. Er schreibt: „Daß der Erfinder für die Dinge, die er macht, verantwortlich ist – und nicht erst derjenige, der sie praktisch verwendet –, darüber kann kein Zweifel bestehen. Die Dinge, die der Erfinder machen kann und glaubt machen zu dürfen, stehen aber in engstem Zusammenhang mit der ganzen wissenschaftlichen Einstellung, die der Erfindung vorhergeht. Wenn ich wirklich glaube, daß ein Lebewesen komplizierte Chemie ist, [158] dann darf ich auch chemisch mit ihm experimentieren. Wenn ich den Geist des Menschen leugne oder als Nebenprodukt physikalisch-chemischer Vorgänge im Gehirn betrachte, dann darf ich auch diese Vorgänge im Gehirn auf physikalische Weise beeinflussen. Dann sind wirklich alle die genannten Anwendungen der Wissenschaft moralisch wertfrei und erlaubt. Dann hat es wirklich keine ethische Bedeutung, ob man Tiere quält, Leben (auch menschliches) vernichtet, mißgestaltete Kreaturen erzeugt oder das Erbgut des Menschen künstlich verändert. Dann ist alles erlaubt, denn es dient dem Abgott ‚Wissenschaft‘.“⁷¹

So wichtig deshalb die Anregungen sind, die von der Physik für die Ausarbeitung eines wissenschaftlichen Menschenbildes ausgehen, so notwendig ist das wissenschaftliche Menschenbild für die Physik selbst. War es ein Fortschritt, wenn der mechanische Materialismus die Einbeziehung des Menschen in die wissenschaftliche Forschung forderte, so kann heute unter staatsmonopolistischen Verhältnissen der Mensch seiner Manipulierung mit wissenschaftlichen Methoden kaum noch entgehen. Auch die physikalische Erkenntnis stellt Mittel bereit, die zur Vernichtung von Menschen führen können. Neben der Verurteilung des Abwurfs der Atombombe und der barbarischen Experimente der SS-Ärzte gibt es jedoch wirkliche Probleme bei der Anlage von Forschungsvorhaben, die tief in menschliches Verhalten eingreifen können. Zwar ist die Züchtung von Menschen noch nicht möglich. Doch es wird bereits darüber diskutiert. Es wäre an der Zeit, die vorherrschenden Wissenschaftskonzeptionen auf ihren humanistischen Gehalt zu durchdenken. Dabei ist die Wissenschaft als gesellschaftlich bestimmte Erscheinung zu analysieren, da die Ziele wissenschaftlicher Erkenntnisse, die Wissenschaftsorganisation, die Verwendung der erreichten Ergebnisse und die Weltanschauung des Wissenschaftlers von der ökonomischen Struktur der Gesellschaft determiniert und von ihrer herrschenden Klasse bestimmt werden. Die Arbeiterklasse und ihre marxistisch-leninistische Partei vertreten den konsequenten Humanismus und fordern den Kampf gegen den Mißbrauch wissenschaftlicher Erkenntnisse zum Schaden des gesellschaftlichen Fortschritts. Das kann zum Schluß nur eine Anregung sein, da die Physik diese Aufgabe nicht meistern kann, aber doch eine ihren Erkenntnissen angemessene Ethik fordert, die Bestandteil eines wissenschaftlichen Menschenbildes sein müßte. Sie erst kann Antwort auf die Frage geben, wie der Naturwissenschaftler seiner moralischen Verantwortung gerecht wird. [159]

Wahrheit und Wert naturwissenschaftlicher Theorien

Wenn der Mensch heute immer mehr in den Mittelpunkt weltanschaulicher Auseinandersetzungen um die Ergebnisse der Naturwissenschaften rückt, dann geht es dabei nicht nur um gesellschaftliche Analogien zu naturwissenschaftlichen Sachverhalten, sondern um mehr. Sicher spielen auch heute noch die Zufallsprobleme in der Quantentheorie für die mögliche Begründung der Entscheidungsfreiheit des Menschen eine Rolle. Auch Beziehungen zwi-

⁷¹ W. Heitler, Der Mensch und die naturwissenschaftliche Erkenntnis, Braunschweig 1966, S. 88. Mit der Auffassung Heitlers hat sich der Verfasser eingehend auseinandergesetzt in: Marxistische Philosophie und Naturwissenschaft, Berlin 1974.

schen biologischer Evolution und gesellschaftlicher Entwicklung sind von philosophischem Interesse. Aber die weltanschauliche Auseinandersetzung spitzt sich dort zu, wo es um die moralische Verantwortung des Naturwissenschaftlers für die Verwertung seiner wissenschaftlichen Erkenntnisse geht, wo die Frage nicht nur nach der Wahrheit, sondern auch nach dem Wert naturwissenschaftlicher Theorien für den Menschen aufgeworfen wird. Dabei geht es nicht um die enge Wertfrage im Sinne ökonomischer Effektivität, sondern um die moralischen Werte. Es geht um die Normen des menschlichen Zusammenlebens, um solche Werte, wie Frieden, Humanismus, sinnvolles Leben usw. Der bürgerliche Humanismus vieler Naturwissenschaftler, die unter kapitalistischen Verhältnissen leben, erweist sich als nicht zu verwirklichen. Humanistische Forderungen stoßen an die Grenzen, die imperialistische gesellschaftliche Verhältnisse setzen. Max Born, der kämpferische bürgerliche Humanist, kam zu einem ethischen Pessimismus. Für ihn sind alle ethischen Grundsätze zusammengebrochen, was er dem Wesen der modernen naturwissenschaftlichen Entwicklung zuschreibt. War früher der Mensch stolz auf seine Arbeit, so haben nach Born Maschinen und Automaten die menschliche Arbeit entwertet und ihre Würde zerstört. Die modernen Waffen lassen nach seiner Meinung die moralischen Tugenden des früheren Soldaten, wie Stärke, Mut, Mitleid, Großzügigkeit usw., verschwinden; Tätigkeit und Wirkung sind getrennt, und der Tätige trägt keine moralische Verantwortung für die Wirkung. Der Mensch ist demnach [160] in einer Krise. Für Born gibt es keinen Ausweg daraus: „Sollte die Menschenrasse nicht durch einen Krieg mit Kernwaffen ausgelöscht werden“, schreibt er, „dann wird sie zu einer Herde von stumpfen, törichten Kreaturen degenerieren unter der Tyrannei von Diktatoren, die sie mit Hilfe von Maschinen und elektrischen Computern beherrschen.“⁷² Hier wird das Dilemma des bürgerlichen Humanismus eines Naturwissenschaftlers deutlich, der sich auf eine eindeutige Trennung der Wahrheitssuche im naturwissenschaftlichen Bereich von der aus der Tradition stammenden Wertauffassung, die durch die gesellschaftliche und wissenschaftliche Entwicklung überholt ist, gründet. Einerseits verlangt der humanistische Standpunkt die Entwicklung der Wissenschaft zum Wohle der Menschen. Andererseits wird die Wissenschaft in der gesellschaftlichen Realität des Imperialismus zur Verschärfung der Ausbeutung für aggressive Zwecke usw. genutzt. Das führt zu vielen weltanschaulichen Problemen bei Naturwissenschaftlern in kapitalistischen Ländern, die – von der bürgerlichen Ideologie beeinflusst – keinen Weg zur Realisierung ihres Humanismus sehen. Dieses Dilemma kann theoretisch nur gelöst werden, wenn nicht nur die Bedeutung der Naturwissenschaft für die Entwicklung der Produktivkräfte erkannt, sondern die Rolle der Produktionsverhältnisse für die Entwicklung gesellschaftlicher Institutionen und Anschauungen, darunter auch für die Wertvorstellungen eingesehen wird. Das ist sicher kompliziert, denn das erfordert gesellschaftswissenschaftlichen Erkenntnisse, Einsichten in das Verhältnis von Wissenschaft, Ökonomie, Politik und Ideologie als Grundlage für moralische Entscheidungen des Einzelnen. Praktisch löst es sich durch das Bündnis der humanistischen Wissenschaftler mit der Arbeiterklasse in ihrem Kampf um die Stärkung des Sozialismus, um friedliche Koexistenz zwischen Staaten mit verschiedener Gesellschaftsordnung und um die demokratische Entwicklung in kapitalistischen Ländern. Dabei treten weltanschauliche Vorbehalte und Fehleinschätzungen der Beziehungen zwischen der Wahrheit und dem Wert wissenschaftlicher Theorien auf.

J. Monod versucht in seiner Arbeit eine Ethik der Erkenntnis zu begründen, in der Wahrheit und Wert streng zu unterscheiden sind. Der höchste Wert ist für ihn die Wahrheit selbst.⁷³ Das würde bedeuten, daß die moralische Verantwortung des Wissenschaftlers nur darin bestünde, die Wahrheit über die Beziehungen in der Natur zu suchen. So fanden Oppenheimer und Teller im Bau der Atom- und Wasserstoffbombe wichtige Anwendungsgebiete für [161] physika-

⁷² H. Born/M. Born, *Der Luxus des Gewissens*, München 1969, S. 72.

⁷³ J. Monod, *Zufall und Notwendigkeit*, München 1971.

liche Erkenntnisse. Sie nutzten erkannte Wahrheiten und überprüften Hypothesen zu ihrer technischen Verwertung. Der Humanismus verlangt, nicht nur die Wahrheit von Nebenaussagen zu überprüfen, sondern auch den Wert ihrer Ausnutzung für den Menschen zu bestimmen. Es geht nicht um irgendeine Wahrheit, die experimentell zu erforschen ist, soweit der Mensch selbst Gegenstand und Nutzer der Forschung ist. Es gilt menschliches Verhalten selbst wissenschaftlich zu erforschen, um einen realen Humanismus zu begründen. Der historische Materialismus zeigt, daß die Beseitigung der Ausbeutung, die Errichtung der klassenlosen Gesellschaft der Weg zu einer menschlichen Gesellschaft ist. Es geht darum, solche Verhältnisse zu schaffen, in denen der Mensch kein geknechtetes und unterdrücktes Wesen ist. Dafür kämpfen die Kommunisten in der ganzen Welt. Sie sind die Bündnispartner wirklicher Humanisten. Gerade deshalb bezeichnet der in der bürgerlichen Ideologie befangene hervorragende Biologe Monod den historischen Materialismus als eine „kindliche, wenn nicht sogar tödliche Illusion“.⁷⁴ Die Wahrheit als wichtigster Wert hat nur Bedeutung für die Entwicklung der menschlichen Gesellschaft, wenn dadurch die objektiven Gesetze gesellschaftlicher Entwicklung gefunden und ihre Erkenntnis genutzt wird, um durch gesellschaftliche Veränderungen reale Bedingungen für solche Werte wie Frieden, Freiheit und Humanität zu schaffen.

Die Einsicht in diese Zusammenhänge wird bei manchen humanistischen bürgerlichen Naturwissenschaftlern durch die Auswirkungen des Antikommunismus verhindert. So meint der Nobelpreisträger für Physik D. Gabor, daß die gegenwärtige Krise des Menschen, in die er durch die wissenschaftlich-technische Revolution gekommen sei, durch die Errichtung einer Vernunftgesellschaft mit vernünftigen Menschen zu beseitigen sei. Neben vielen interessanten Reformvorschlägen und Teilanalysen enthält sein Buch gefährliche gesellschaftliche Illusionen, weil die wahren gesellschaftlichen Ursachen für die Krise der menschlichen Beziehungen im Imperialismus nicht aufgedeckt werden. Wissenschaftliche Einsichten der marxistisch-leninistischen Gesellschaftswissenschaften finden keine Berücksichtigung. Gabor zitiert aus dem Kommunistischen Manifest die Stellungnahme von Marx und Engels zur Rolle der Bourgeoisie bei der Entwicklung der Produktivkräfte und stellt fest: „Es überrascht uns vielleicht, daß sie ‚Bourgeoisie‘ sagten, wo wir heute ‚Wissenschaft und Technik‘ sagen würden.“⁷⁵ Aber hier liegt ja gerade das eigentliche Problem. Ge-[162]sellschaftlich determinierte Tendenzen gesellschaftlicher Entwicklung werden in Ergebnisse von Wissenschaft und Technik umgedeutet. Hier liegen Wurzeln für viele Versionen der bürgerlichen den Ideologie, von der Apologie der bestehenden Zustände, weil durch die Wissenschaft und Technik hervorgebracht, über Konvergenzauffassungen bis zur Forderung einer postindustriellen Gesellschaft. Für uns ist es deshalb stets wichtig, die Rolle der Produktionsverhältnisse für die Entwicklung der Produktivkräfte zu beachten und die Beziehungen zwischen den herrschenden Klassen im Kapitalismus und Sozialismus zur Wissenschaft zu sehen, um den Wert wissenschaftlicher Theorien bestimmen zu können. Die gesellschaftliche Determiniertheit des Ziels, der Verwertung, des Ansatzes, der Organisation und der Orientierung naturwissenschaftlicher Forschungsarbeit fordert, nicht nur die Verantwortung des Wissenschaftlers für die Bestimmung des Wertes wahrer wissenschaftlicher Theorien zu betonen, sondern vor allem die Verantwortung der Gesellschaft. Im Kapitalismus muß sich diese humane Verantwortung gegen die ökonomischen Profitinteressen durchsetzen, im Sozialismus ist sie die Hauptaufgabe der herrschenden Klasse und ihrer Verbündeten bei der Entwicklung von Wissenschaft und Technik. Die marxistisch-leninistische Philosophie muß sich in der weltanschaulichen Auseinandersetzung mit pessimistischen, rationalistischen, illusionären Konzeptionen zum Verhältnis von Wahrheit und Wert wissenschaftlicher Theorien auf die wissenschaftliche Begründung des realen Humanismus, der wirklichen Freiheit im Sozialismus ori-

⁷⁴ Ebenda, S. 218.

⁷⁵ D. Gabor, *Der vernünftige Mensch*, Bern – München – Wien 1972, S. 33.

entieren und scheinwissenschaftliche Begründungen zurückweisen. Die Suche nach Wahrheit muß bis zur Untersuchung der Bedeutung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse für den Menschen unter bestimmten gesellschaftlichen Bedingungen fortgesetzt werden, was notwendig die Zusammenarbeit von Natur- und Gesellschaftswissenschaften verlangt, da die zukünftige Gestaltung der menschlichen Beziehungen die Entwicklung der Produktivkräfte ebenso berücksichtigen muß, wie der Rahmen für die Entwicklung von Wissenschaft und Technik besser durch Einsichten in die zukünftigen Beziehungen der Menschen bestimmt werden muß. Die moralische Entscheidung, wie im Interesse des gesellschaftlichen Fortschritts und des Humanismus gehandelt wird, trifft jeder einzelne Naturwissenschaftler selbst. Sie ist wissenschaftlich begründet und moralisch gut, wenn sie auf der Grundlage der Einsichten in die Entwicklungsgesetze der Gesellschaft erfolgt und das Verhältnis von Wissenschaft, Ökonomie, Politik und Ideologie berücksichtigt und die darauf gegründeten Handlungen dem gesellschaftlichen Fortschritt dienen. Humanismus und Wissenschaft bilden Sozialismus-Kommunismus eine innere Einheit.