

Akademie-Verlag Berlin 1981

Kapitel I:

Materialistische Dialektik und Naturwissenschaften

F. Engels stellte die Forderung, die „Dialektik als Wissenschaft von den Zusammenhängen im Gegensatz zur Metaphysik zu entwickeln“¹. Er faßte „die Dialektik als die Wissenschaft von den allgemeinsten Gesetzen *aller* Bewegung“ und betonte, „daß ihre Gesetze Gültigkeit haben müssen für die Bewegung ebensowohl in der Natur und der Menschengeschichte wie für die Bewegung des Denkens“². Bewegung ist Veränderung überhaupt, von der einfachen Ortsveränderung über die prozessierende Struktur bis zur Qualitätsänderung und damit zur Entwicklung.

Die materialistische Dialektik untersucht die Formen des objektiven Zusammenhangs, die Bewegungs- und Entwicklungsgesetze als philosophische Wissenschaft. Sie ist die Wissenschaft von den allgemeinsten Beziehungen und Gesetzen der Struktur, Veränderung und Entwicklung in Natur, Gesellschaft und Bewußtsein. Da Philosophie die theoretische Grundlage der Weltanschauung ist und ein System von Antworten auf die Fragen nach dem Ursprung, der Existenzweise und Entwicklung der Welt, der Quelle des Wissens, der Stellung des Menschen in der Welt, dem Charakter des gesellschaftlichen Fortschritts und dem Sinn des Lebens darstellt, handelt es sich bei den allgemeinsten philosophischen Erkenntnissen immer um Antworten auf diese Fragen. *Philosophisch* relevant sind auch alle naturwissenschaftlichen Erkenntnisse, die Beiträge zu diesen Antworten leisten. Das herauszuarbeiten ist Aufgabe der philosophischen Verallgemeinerung, die über die Präzisierung allgemeiner philosophischer Aussagen und über die Bestätigung und Widerlegung philosophischer Hypothesen verläuft.

Philosophische Aussagen haben verschiedene Allgemeinheitsgrade. Die für die Begründung der Weltanschauung wesentlichen philosophischen Erkenntnisse, die die allgemeinsten Beziehungen und Gesetze erfassen, werden in einem Forschungsprozeß für bestimmte Bereiche präzisiert. Dabei werden philosophische Hypothesen als wissenschaftlich begründete Vermutungen über den zukünftigen [16] Beitrag einer Wissenschaft zur Philosophie bzw. über die mögliche Übertragbarkeit einer Denkweise aus einer Wissenschaft in eine andere aufgestellt und überprüft.³

Damit die marxistisch-leninistische Philosophie ihre weltanschauliche, ideologische und heuristische Funktion gegenüber der naturwissenschaftlichen Forschung erfüllen kann, sind die allgemeinsten Aussagen der materialistischen Dialektik anhand der Wissenschaftsgeschichte der Einsichten in den realen Forschungsprozeß und der theoretischen Erkenntnisse der Naturwissenschaften zu präzisieren, sind weltanschaulich-erkenntnistheoretische Fragen zu beantworten, philosophische Hypothesen zu überprüfen und die erkenntnis- und methodenkritische Seite der dialektischen Denkmethode zu nutzen. Beiträge dazu wurden in der DDR durch die weitere Ausarbeitung des dialektischen Determinismus, insbesondere durch die Untersuchungen zur statistischen Gesetzesstruktur,⁴ durch die Konkretisierung der dialektischen Entwicklungskonzeption mit Hilfe biologischer Erkenntnisse, durch Überlegungen zum Verhältnis von Information und Evolution, durch das Verständnis des Kosmos als Entwicklungsprozeß,⁵ durch die Analyse erkenntnistheoretisch-methodologischer Probleme⁶ und durch die Ausarbeitung weltanschaulicher Positionen und humanistischer Standpunkte zur Rolle der Naturwissenschaften für den wissenschaftlich-technischen und gesellschaftlichen Fortschritt geleistet.⁷

¹ F. Engels, Dialektik der Natur, in: Karl Marx/Friedrich Engels, Werke (im folgenden MEW), Bd. 20, Berlin 1973, S. 348.

² Ebenda, S. 530.

³ Vgl. [H. Hörz, Marxistische Philosophie und Naturwissenschaften, Berlin 1976](#), S. 115 ff.

⁴ Vgl. H. Hörz, Die Beziehungen der marxistisch-leninistischen Philosophie zu den anderen Wissenschaften, in: Marxistisch-leninistische Philosophie in der DDR, Berlin 1974, S. 169 ff.; [H. Hörz, Der dialektische Determinismus in Natur und Gesellschaft, Berlin 1974](#); U. Röseberg, Determinismus und Physik, Berlin 1975.

⁵ Vgl. Gesetz – Entwicklung – Information, Hrsg.: H. Hörz/Č. Nowiński, Berlin 1978, die Beiträge von K. Fuchs-Kitowski, P. Franz, R. Löther.

⁶ Vgl. Experiment – Modell – Theorie.

⁷ Vgl. [H. Hörz, Mensch contra Materie?, Berlin 1976](#); H. Ley, Über die Schwierigkeiten des Einzelwissenschaftlers, Berlin 1973.

Die materialistische Dialektik hat in ihrer Beziehung zur Naturwissenschaft selbst schon eine Geschichte, die reich an Ergebnissen, Auseinandersetzungen und Problemen ist. Sie hat sich als weltanschauliche und erkenntnistheoretisch methodologische Grundlage wissenschaftlichen Arbeitens dort bewährt, wo ihre Erkenntnisse methodisch und methodologisch richtig genutzt werden. Die materialistische Dialektik muß sich in der wissenschaftlichen Forschung stets aufs neue bewähren. Dabei sind die gesicherten Erkenntnisse gegen einseitige Interpretationen, revisionistische Entstellungen und Angriffe bürgerlicher Ideologen zu verteidigen, indem vor allem die philosophischen Probleme konstruktiv gelöst werden, die mit neuen naturwissenschaftlichen Theorien und Methoden auftauchen. Zugleich ist in der weltanschaulich-ideologischen Auseinander-[17]setzung auch immer wieder die Frage nach den Leistungen der Klassiker des Marxismus-Leninismus und nach dem Wert ihrer Aussagen für die moderne Naturwissenschaft zu beantworten.

1. Zur Entwicklung der materialistischen Dialektik in ihrer Bedeutung für die Naturwissenschaft

Die Bedeutung der materialistischen Dialektik für die Naturwissenschaft ist nur zu ermessen, wenn die Rolle der marxistisch-leninistischen Philosophie als Einheit von philosophischem Materialismus, materialistischer Dialektik und historischem Materialismus in der Geschichte des Denkens berücksichtigt wird. Der dialektische und historische Materialismus ist eine Revolution im philosophischen Denken, mit der die Philosophie selbst zur Wissenschaft wurde. Das hatte wesentliche Auswirkungen für das Verhältnis von Philosophie und Naturwissenschaften. Spekulative Naturphilosophie und Metaphysik konnten auf dieser Grundlage überwunden werden.

Die Klassiker des Marxismus-Leninismus betonten die Rolle der Naturwissenschaft für die Entwicklung der Produktivkräfte. Naturwissenschaft ist gesellschaftliche Arbeit zur Aufdeckung von Beziehungen und Gesetzen der Natur, zur Nutzung dieser Erkenntnisse für die schöpferische Konstruktion von Modellen als Grundlage bewußter Gestaltung natürlicher Prozesse im Interesse des Menschen. Marx, Engels und Lenin analysierten die gesellschaftliche Determination der naturwissenschaftlichen Forschungsarbeit. Sie zeigten, daß ihr Ziel, ihre Organisation, die Auswertung der Erkenntnisse, deren weltanschauliche Relevanz und philosophische Deutung durch die gesellschaftlichen Verhältnisse bedingt sind. Die vormarxistische Philosophie dagegen erkannte die wesentliche Bedeutung der bewußten *gegenständlichen* Tätigkeit der Menschen für die Entwicklung der philosophischen Auffassungen noch nicht bzw. unterschätzte in Gestalt der klassischen bürgerlichen deutschen Philosophie vor allem die Rolle der Industrie als der wirklichen Beziehung des Menschen zur Natur. Das hebt nicht die Bedeutung der theoretischen Überlegungen von Kant bis Hegel über die Aktivität des Subjekts, über die Arbeit als Verwirklichung von Zwecken auf, denn damit sind philosophische Voraussetzungen für Marx gegeben, die Rolle der gegenständlichen Praxis zu begreifen. Nur verhinderte die idealistische Position, das Wesen des Menschen als Ensemble der konkret-historischen gesellschaftlichen Verhältnisse zu fassen, wobei die Produktionsverhältnisse die bestimmenden gesellschaftlichen Verhältnisse sind. Dies vermochte auch die Gesellschaftsauffassung Feuerbachs nicht zu leisten.

[18] Marx schrieb 1844: „Die Naturwissenschaften haben eine enorme Tätigkeit entwickelt und sich ein stets wachsendes Material angeeignet. Die Philosophie ist ihnen indessen ebenso fremd geblieben, wie sie der Philosophie fremd blieben. Die momentane Vereinigung war nur eine phantastische Illusion. Der Wille war da, aber das Vermögen fehlte.“⁸ Um diese Illusion aufzuheben und die wirkliche Vereinigung durchzuführen, bedurfte es der Ausarbeitung der wissenschaftlichen Philosophie und solcher gesellschaftlichen Verhältnisse, in denen die wissenschaftliche Philosophie theoretische Grundlage praktischer Politik ist. Der Sozialismus schafft die wesentlichen gesellschaftlichen Grundlagen für die weltanschauliche, politisch-ideologische und moralische Einheit von Philosophen und Naturwissenschaftlern bei der Entwicklung der Wissenschaften, bei der Nutzung ihrer Erkenntnisse in der gesellschaftlichen Praxis und bei der Lösung weltanschaulicher und erkenntnistheoretisch-methodologischer Probleme. Die umfangreiche Arbeit in der Sowjetunion und in anderen sozialistischen Ländern zur Festigung des Bündnisses zwischen marxistisch-leninistischen Philosophen und Naturwissenschaftlern zeigt, daß diese Einheit Bestand hat.

⁸ K. Marx, Ökonomisch-philosophische Manuskripte, in: MEW, Ergänzungsband, Teil 1, Berlin 1974, S. 543.

Friedrich Engels hat mit seinen Arbeiten zu philosophischen Problemen der Naturwissenschaften dazu beigetragen, das qualitativ neue Verhältnis der Philosophie zur Naturwissenschaft zu begründen und die Bedeutung des dialektischen Materialismus als heuristisches Erkenntnismittel für die naturwissenschaftliche Forschungsarbeit zu zeigen. Wer seine Arbeiten aufmerksam liest, wird ihn nie in der Rolle des philosophischen Richters über naturwissenschaftliche Theorien finden. Wohl aber zeigt er den philosophischen Kern in den Ansichten führender Naturwissenschaftler. Er hob die weltanschauliche Bedeutung der Entdeckung der Zelle, des Energieerhaltungssatzes und der Darwinschen Entwicklungstheorie hervor. In der Philosophie, wozu auch die philosophischen Auffassungen von Naturwissenschaftlern gehören, war Engels ein strenger Kritiker.

Aufmerksam studierte er die Ergebnisse der Naturwissenschaften in seiner Zeit. Hatte er sich bis zu seiner Übersiedlung nach London im Jahre 1870 mit der Beziehung der Naturwissenschaft zur gesellschaftlichen Entwicklung befaßt, aber auch schon die Rolle der dialektischen Gesetze in der Natur untersucht, so kann man die folgende Zeit als die Hauptetappe seiner Beschäftigung mit philosophischen Problemen der Naturwissenschaften ansehen. In einem Brief vom 30. Mai 1873 teilte er Marx die Grundideen seiner dialektischen Auffassung zur Naturwissenschaft mit. Es ging ihm vor allem um die Bewegung als Daseinsweise der Materie, wobei der Hauptgegenstand der Naturwissenschaften die Untersuchung der Bewegungsformen ist. Marx sollte darüber urteilen, ob die von Engels entwickelte Konzeption brauchbar ist. „Wenn Ihr [19] glaubt,“ schrieb Engels, „daß was an der Sache ist, so spricht nicht davon, damit mir nicht irgendein lausiger Engländer die Sache stiehlt, das Verarbeiten wird immer noch viel Zeit erfordern.“⁹ Marx zeigte den Brief dem Chemiker Carl Schorlemmer, und dessen Randbemerkungen weisen aus, daß er mit den Ideen von Engels einverstanden war. Engels begann mit der Ausarbeitung, mußte sie jedoch unterbrechen, um sich mit Eugen Dühring auseinanderzusetzen. Dafür nutzte er sein bereits gesammeltes Material. Nach Abschluß des „Anti-Dühring“ setzte er 1878 die Arbeit an der „Dialektik der Natur“ fort. 1882 teilte er Marx mit, daß er dieses Buch nun bald beenden wolle. Da Marx am 14. März 1883 starb, unterbrach Engels die eigene Arbeit, um die hinterlassenen Manuskripte von Marx für den Druck fertigzustellen. Durch diese Belastung und viele andere Verpflichtungen konnte Engels das geplante Werk „Dialektik der Natur“ nicht beenden.

Trotz des fragmentarischen Charakters vieler Notizen geben die gesammelten Manuskripte einen tiefen Einblick in das dialektische Verständnis der naturwissenschaftlichen Entwicklung durch Friedrich Engels. Sein Buch enthält viele programmatische Ideen, die, mit den Aussagen Lenins verbunden, für die heutige Analyse weltanschaulich bedeutsamer naturwissenschaftlicher Entdeckungen wichtig sind. Engels analysierte die Entwicklung des dialektischen Denkens seiner Zeit und konnte so die rationelle Bedeutung der Hegelschen Dialektik herausarbeiten. Dabei gab er in Auseinandersetzung mit dem mechanischen Materialismus und speziell dem mechanischen Determinismus eine dialektisch-materialistische Deutung der Physik. Die weltanschaulich bedeutsamen Entdeckungen des 19. Jahrhunderts nutzte er, um zu zeigen, wie die Naturwissenschaft dabei war, die materielle Einheit der Welt nachzuweisen. Nach Engels ist diese keineswegs auf die quantitativen Beziehungen qualitativ identischer kleinster Teilchen zu reduzieren. Der objektive Zufall wurde von ihm als Erscheinungsform der Notwendigkeit gefaßt, die keinen auf das Gesetz reduzierbaren Zusammenhang darstellt. Die Entwicklung der Natur vom Niederen zum Höheren wurde aus natürlichen Ursachen erklärt, die dialektische Einheit verschiedener Bewegungsformen betont und die Existenz der dialektischen Grundgesetze in der Natur nachgewiesen.

Im Vorwort zum „Anti-Dühring“ von 1886 charakterisierte Engels den materialistischen Standpunkt zur Dialektik. „Und endlich konnte es sich für mich nicht darum handeln“, schrieb er, „die dialektischen Gesetze in die Natur hineinzukonstruieren, sondern sie in ihr aufzufinden und aus ihr zu entwickeln.“¹⁰ Der französische Molekularbiologe Jacques Monod unternahm 1970 in einem [20] vieldiskutierten Buch den Versuch, „die großen Gedanken der Begründer des dialektischen Materialismus zu rekonstruieren“. Bei ihm erschien dabei die Dialektik als eine Konsequenz der angeblich auch von Engels unterstellten Hegelschen Identität von Denken und Sein. Er schrieb, sich auf Engels berufend: „Da also

⁹ F. Engels, Brief an Marx vom 30. Mai 1873, in: MEW, Bd. 33, Berlin 1976, S. 80 f.

¹⁰ F. Engels, Herrn Eugen Dührings Umwälzung der Wissenschaft („Anti-Dühring“), in: MEW, Bd. 20, a. a. O., S. 12.

das Denken Teil und Reflex der universellen Bewegung ist und da es sich dialektisch bewegt, muß das Entwicklungsgesetz des Universums dialektisch sein.“¹¹ Monod sah seinen Rekonstruktionsversuch selbst als anfechtbar an. Was er jedoch tat, ist mehr als anfechtbar. Es ist eine völlige Verkehrung des materialistischen Standpunktes von Engels zu dem idealistischen von Hegel. Das gab Monod die Möglichkeit, die Dialektik als wissenschaftsfremd zu bezeichnen. Allerdings, wenn sie ein ausgedachtes Schema wäre, nach dem sich die Wirklichkeit zu richten habe, dann befänden sich die dialektischen Philosophen im Zustand schlimmster spekulativer Naturphilosophie. Die Dialektik als Wissenschaft muß die in der Naturwissenschaft widergespiegelte objektive Dialektik erfassen und ihre Vorstellungen über die Wirklichkeit nicht nach den existierenden Prinzipien formen, sondern die Prinzipien, soweit sie die objektive Dialektik, die Dialektik des Erkenntnisprozesses und die subjektive Dialektik als Widerspiegelung der objektiven erfassen, nutzen, um zu philosophischen Aussagen zu kommen, die den Erkenntnisfortschritt fördern helfen. Engels betonte: „Es ist also die Geschichte der Natur wie der menschlichen Gesellschaft, aus der die Gesetze der Dialektik abstrahiert werden.“¹² Sicher gab es und wird es auch in Zukunft Beispiele geben, in denen „Dialektiker“ die Wirklichkeit idealistisch interpretieren, indem sie die Tatsachen nicht in ihrem eigenen, sondern in einem phantastischen Zusammenhang betrachten. Aber das spekulative Ausdenken von Naturzusammenhängen durch solche „Dialektiker“ kann nicht der materialistischen Dialektik als Wissenschaft angelastet werden.

Zum 30. Todestag von Engels erschien 1925 seine „Naturdialektik“ in der Sowjetunion in deutscher und russischer Sprache. Damit wurden erstmals der Öffentlichkeit die gesammelten Manuskripte eines der Begründer der wissenschaftlichen Weltanschauung der Arbeiterklasse zu den philosophischen Problemen der Naturwissenschaft zugänglich gemacht. Bis dahin waren sie von Eduard Bernstein verwahrt worden, der den literarischen Nachlaß von Engels verwaltete. Der Parteivorstand der deutschen Sozialdemokratie hatte sich ein Gutachten von Leo Arons anfertigen lassen, in dem die mathematisch-naturwissenschaftlichen Erörterungen von Engels negativ beurteilt wurden. Das 1925 von Albert Einstein angeforderte Gutachten, dem nur ein Teil der Manuskripte vorgelegt wurde, empfahl die Veröffentlichung der „Naturdialektik“ wegen der geschichtlichen Bedeutung des Verfassers als eines der Begründer des Marxis-[21]mus. Einstein meinte jedoch, daß die Arbeit „weder vom Standpunkt der Physik noch vom Standpunkt der Geschichte der Physik ein besonderes Interesse“ biete.¹³ Das hätte Bernstein vielleicht wiederum veranlaßt, von einer Publikation abzusehen. Doch D. Rjasanow erhielt die Manuskripte und gab sie als zweiten Band des Marx-Engels-Archivs heraus. Diese Arbeit belebte den Meinungsstreit um die philosophischen Probleme der Naturwissenschaften durch den Nachweis von der existierenden objektiven Naturdialektik und von der Rolle der wissenschaftlichen materialistischen Dialektik als weltanschaulicher, erkenntnistheoretischer und methodologischer Grundlage wissenschaftlichen Arbeitens, die sich spontan in der Entwicklung der Naturwissenschaft durchsetzt und deren bewußte Mißachtung zu einseitigen Folgerungen und Fehlurteilen führt.

Selbst Theoretiker, die sich zum Marxismus bekannten, schätzten die Rolle der Dialektik manchmal einseitig oder falsch ein. Die Dialektik gelte nur für die Gesellschaft, wurde verschiedentlich behauptet. Sie decke sich mit der Mechanik. Manche forderten, zum Empiriokritizismus überzugehen.¹⁴ In der Auseinandersetzung mit dem Empiriokritizismus hatte Lenin in seiner Arbeit „Materialismus und Empiriokritizismus“, ohne die „Dialektik der Natur“ zu kennen, aber gestützt auf die anderen Arbeiten von Marx und Engels, besonders auf den „Anti-Dühring“, die Fehlerhaftigkeit derartiger Auffassungen nachgewiesen. Dabei betonte er, daß eine Revision der durch die Entwicklung der Naturwissenschaft überholten naturphilosophischen Sätze von Engels eine unumgängliche Forderung des Marxismus sei.¹⁵

¹¹ J. Monod, Zufall und Notwendigkeit, München 1971, S. 48.

¹² F. Engels, Dialektik der Natur, in: MEW, Bd. 20, a. a. O., S. 348.

¹³ A. Deborin, Materialistische Dialektik und Naturwissenschaft, in: Unter dem Banner des Marxismus, Bd. 1/1925/26, S. 429.

¹⁴ Vgl. J. Luppold, Zur Frage des Verhältnisses des Marxismus zur Naturwissenschaft, in: Unter dem Banner des Marxismus, Bd. 11/1928, S. 202.

¹⁵ Vgl. W. I. Lenin, Materialismus und Empiriokritizismus, in: Werke, Bd. 14, Berlin 1964, S. 250.

Engels hatte das Wissen seiner Zeit genutzt. Manche seiner Aussagen sind deshalb mit dem heutigen Wissen neu zu präzisieren. Wer jedoch den philosophischen Materialismus oder die materialistische Dialektik preisgibt, revidiert Grundprinzipien, die die marxistisch-leninistische Philosophie als Wissenschaft von anderen Philosophien unterscheidet.

Sicher leuchtet das Argument von Werner Heisenberg manchem Naturwissenschaftler und Philosophen ein, man könne „nicht vernünftigerweise erwarten, daß jene Denker, die vor über hundert Jahren den dialektischen Materialismus eingeführt haben, die Entwicklung der Quantentheorie hätten vorhersehen können. ihre Begriffe von Materie und Wirklichkeit konnten unmöglich den Ergebnissen unserer heutigen verfeinerten experimentellen Technik angepaßt sein.“¹⁶ Hier sind jedoch zwei Diskussionsebenen vermengt. Lenin unterschied [22] die Frage nach der Quelle des Wissens von der Frage nach der Struktur der Materie. Aussagen über letztere sind immer abhängig vom Stand unserer naturwissenschaftlichen Erkenntnisse. Philosophische Aussagen, die mit diesen Erkenntnissen verbunden werden, und das geschieht ständig, weil sonst nur Denkschemata ohne Bedeutung für den wissenschaftlichen Erkenntnisprozeß wiederholt würden, müssen überprüft und, wenn nötig, neu präzisiert werden. So können heute Aussagen über die Unendlichkeit der Materie, über das Verhältnis von Gesetz und Zufall, über die Rolle der Mathematik usw. mit Hilfe neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse präziser gefaßt werden. Was jedoch die philosophische Frage nach der Quelle unseres Wissens betrifft, so ist sie mit der durch die Praxis und die Entwicklung der Wissenschaften bestätigten materialistischen Auffassung beantwortet, daß Quelle unseres Wissens das ist, was außerhalb und unabhängig von unserem Bewußtsein existiert, von diesem erkannt werden kann und wird. In der philosophischen Forschung werden die Auffassungen präzisiert, wie diese Erkenntnis der objektiven Realität vor sich geht. Damit werden neue Einsichten in die Dialektik des Erkenntnisprozesses, der Begriffs- und Theorienentwicklung gewonnen. Der materialistische Standpunkt verlangt, die Einheit von Materie und Bewegung, die objektive und subjektive Dialektik sowie die Dialektik der Erkenntnis konkret zu untersuchen.

Engels machte seine Anmerkungen zur Dialektik der Natur in einer Zeit, als die Mehrheit der Naturwissenschaftler mechanisch-materialistische Positionen, wie den mechanischen Determinismus und die Rückführbarkeit komplizierter Prozesse auf mechanische Vorgänge, vertrat. Nur wenige Theoretiker analysierten kritisch die Grundlagen der klassischen Mechanik. Die Elektronen waren noch nicht entdeckt, der radioaktive Zerfall der Elemente nicht bekannt. Selbst Hertz und Helmholtz lösten sich nicht vollständig vom Prinzip der Rückführbarkeit auf die Mechanik. Die Dialektik erschien in agnostizistischen Auffassungen versteckt und als Beziehung zwischen niedriger und höher entwickelten Bewegungsformen. Im genetischen Zusammenhang wurde sie erst allmählich begriffen.

Das 20. Jahrhundert ist reich an naturwissenschaftlichen Entdeckungen. Vor allem die Relativitäts-, Quanten- und Elementarteilchentheorie sowie Fragen der Kosmogonie und Kosmologie führten zu vielen philosophisch-weltanschaulichen Diskussionen, und die Entwicklung der Molekularbiologie zwang dazu, die dialektisch-materialistische Entwicklungstheorie zur Lösung weltanschaulicher, erkenntnistheoretischer und methodologischer Probleme einzusetzen.

Schon Engels hatte festgestellt, daß mit jeder epochemachenden Entdeckung der Naturwissenschaft der Materialismus seine Form ändern müsse.¹⁷ Leider fehlen wissenschaftshistorische Arbeiten, die Engels' Auffassung von Darwin, [23] Maxwell, Thomson, zur Elektrizität, zur Wärme, zum Verhältnis von Physik und Chemie usw. tiefgründig analysieren. Engels war auf die Ergebnisse der Naturwissenschaft seiner Zeit angewiesen, aber er übernahm sie kritisch. Solche dialektisch-konstruktiven Auffassungen halfen bei der philosophischen Deutung neuer Erkenntnisse. So wurde beispielsweise in der KPD-Zeitung „Rote Fahne“ zum 50. Geburtstag A. Einsteins festgestellt, daß die Einsteinsche Relativitätstheorie die Grundauffassungen des Marxismus bestätigt. Sie sei keineswegs mit dem philosophischen Relativismus in Verbindung zu bringen, der von Engels und Lenin schon einer vernichtenden Kritik unterzogen worden ist.¹⁸

¹⁶ W. Heisenberg, Physik und Philosophie, Berlin(West) 1959, S. 144.

¹⁷ Vgl. F. Engels, Ludwig Feuerbach und der Ausgang der klassischen deutschen Philosophie. in: MEW, Bd. 21, Berlin 1962, S. 278.

¹⁸ Vgl. J. Lenz, Relativitätstheorie und dialektischer Materialismus, in: Rote Fahne vom 14.3.1929. Nr. 62 (Beilage).

Engels gab eine dialektisch-materialistische Deutung der vorliegenden naturwissenschaftlichen Erkenntnisse, besonders der klassischen Physik. Das zu betonen ist um so wichtiger, als wir manchmal die Auffassung finden, daß die klassische Physik mit dem mechanischen und die moderne Physik mit dem dialektischen Materialismus zu verbinden wäre. Daraus leiten dann einige Physiker in kapitalistischen Ländern ab, man brauche sich mit Engels nicht zu befassen, da er die moderne Physik nicht kannte. Engels entwickelte die Grundprinzipien der dialektisch-materialistischen Naturauffassung aus der Kritik des mechanischen Materialismus und aus der dialektisch-materialistischen Deutung der klassischen Physik. Diese Grundauffassungen werden auch durch die moderne Physik bestätigt, dabei selbstverständlich teilweise präzisiert, aber nicht widerlegt. Sie sind deshalb geeignet, als philosophische Ausgangsthesen bei der philosophischen Interpretation moderner naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zu dienen. Dazu gehören die Auffassung von der Bewegung als Daseinsweise der Materie und von Raum und Zeit als Existenzformen der Materie ebenso wie die dialektische Beziehung von Quantität und Qualität, die gegen die vollständige Reduzierung der anderen Naturwissenschaften auf die klassische Physik gerichtet wurde. Aus der Kritik des mechanischen Determinismus wurden die Grundprinzipien des dialektischen Determinismus mitbestimmt. Die Natur wurde nicht länger in ihrer Unveränderlichkeit unterstellt, sondern in ihrem historischen Entwicklungsprozeß begriffen.

Sicher gibt es eine Reihe von Auffassungen bei Engels, die durch die Entwicklung der Naturwissenschaft heute in bestimmter Hinsicht als problematisch gelten. Dazu gehören seine Ausführungen zum Äther, zu der mechanischen Grundform der Bewegung und zum ewigen Kreislauf. Zugleich machen diese Beispiele aber auch die Problematik sachlicher Einschätzung deutlich.

Engels hatte betont, daß „jetzt von den bedeutendsten Forschern fast allgemein die Elektrizität als eine Bewegung von Ätherteilchen angesehen“ wird und hoffte, [24] daß es gelingt „die Mechanik des Äthers“ darzustellen.¹⁹ Die Entwicklung der Physik zeigte, daß Schwierigkeiten entstehen, wenn man die Eigenschaften des Äthers experimentell zu erfassen sucht. Einstein und Infeld schilderten diese Situation später mit den Worten: „So rückte einer der dramatischsten Augenblicke in der Geschichte der Naturwissenschaften heran. Alle an die Äthervorstellung geknüpften Annahmen hatten zu nichts geführt. Alle Experimente lieferten negative Ergebnisse.“²⁰ Engels war es um den möglichen Qualitätswechsel der Energieform von mechanischer Bewegung zur Wärme und Elektrizität gegangen. Deshalb hatte er betont: „Aber bei den elektrischen und Wärmeerscheinungen kommen doch wieder in erster Linie Molekularbewegungen in Betracht, wie dies nicht anders sein kann, solange wir über den Äther so wenig wissen.“²¹ Die mögliche Entdeckung des Äthers sollte nach Engels nicht außer acht gelassen werden, aber das eigentliche Problem war das dialektische Verständnis des Energieerhaltungssatzes. Diesen erfaßte er nicht nur nach der Seite der quantitativen Erhaltung, sondern auch nach der Seite der qualitativen Umwandlung: „Mit der Molekularbewegung erst erhält der Formwechsel der Bewegung seine volle Freiheit. Während, an der Grenze der Mechanik, die Massenbewegung nur einzelne andre Formen annehmen kann: Wärme oder Elektrizität, sehen wir hier eine ganz andre Lebendigkeit des Formwechsels: Wärme geht über in Elektrizität in der Thermosäule, wird identisch mit dem Licht auf gewisser Stufe der Strahlung, erzeugt ihrerseits wieder mechanische Bewegung; Elektrizität und Magnetismus, ein ähnliches Geschwisterpaar bildend wie Wärme und Licht, schlagen um, nicht nur ineinander, sondern auch in Wärme und Licht und ebenfalls in mechanische Bewegung.“²²

Nicht der Äther war für Engels entscheidend, sondern der mit der dialektisch-materialistischen Auffassung von der Bewegung als Veränderung überhaupt verbundene Nachweis vom existierenden ewigen Formwechsel. Er schrieb: „Alle Bewegung schließt mechanische Bewegung, Ortsveränderung größter oder kleinster Teile der Materie in sich, und *erste* Aufgabe, aber auch nur *erste*, der Wissenschaft ist, diese zu erkennen. Aber diese mechanische Bewegung erschöpft die Bewegung überhaupt nicht. Bewegung ist nicht bloß Ortsveränderung, sie ist auf den übermechanischen Gebieten auch

¹⁹ F. Engels, Dialektik der Natur, in: MEW, Bd. 20, a. a. O., S. 391.

²⁰ A. Einstein/L. Infeld, Die Evolution der Physik, Hamburg 1956, S. 119.

²¹ F. Engels, Dialektik der Natur, in: MEW, Bd. 20, a. a. O., S. 391.

²² Ebenda.

Qualitätsänderung.“²³ Es ging nicht um mögliche Qualitätsänderungen, die von der Mechanik erfaßt werden, sondern um einen wesentlichen Punkt in der Auseinandersetzung mit dem mechanischen Materialismus, der qualitative Unterschiede auf quantitative Beziehungen identischer kleinster Teilchen zurückführen wollte. Engels pole-[25] misierte dagegen: „Und doch läuft die ‚mechanische‘ Auffassung auf nichts andres hinaus. Sie erklärt alle Veränderungen aus Ortsveränderung, alle qualitativen Unterschiede aus quantitativen, und übersieht, daß das Verhältnis von Qualität und Quantität reziprok ist, daß Qualität ebensogut in Quantität umschlägt, wie Quantität in Qualität, daß eben Wechselwirkung stattfindet. Wenn alle Unterschiede und Änderungen der Qualität auf quantitative Unterschiede und Änderungen, auf mechanische Ortsveränderung zu reduzieren sind, dann kommen wir mit Notwendigkeit zu dem Satz, daß alle Materie aus *identischen* kleinsten Teilchen besteht, und alle qualitativen Unterschiede der chemischen Elemente der Materie verursacht sind durch quantitative Unterschiede in der Zahl und örtlichen Gruppierung dieser kleinsten Teilchen zu Atomen. So weit sind wir aber noch nicht.“²⁴

A. K. Timirjaseff vertrat später die Auffassung, Engels habe gemeint, wir würden diese Rückführung tatsächlich erreichen: „Das, was Engels einer fernen Zukunft überlassen hatte, hat sich nun verwirklicht. Heute wissen wir, daß die Atome aus ‚Protonen‘, Wasserstoffatomkernen und Elektronen aufgebaut sind. Wir wissen, daß die einzelnen ‚Arten‘, die chemischen Elemente, aus mehreren ‚Unterarten‘, Isotopen, bestehen, wobei das Atomgewicht dieser ‚Isotopen‘ ein ganzes Vielfaches des Atomgewichts des ‚Protons‘ ist.“²⁵ Wiederum 50 Jahre später stellen wir fest, daß die Elementarteilchen eine Struktur besitzen, aus Fundamentarteilchen aufgebaut sind und die Materie selbst unerschöpflich ist. Schon die Redaktion hatte zum Artikel von Timirjaseff angemerkt, daß sie dessen Auffassung, die „Dialektik der Natur“ rechtfertige das Bestreben, alle Naturerscheinungen letzten Endes auf rein quantitative Beziehungen kleinster Materieteilchen zurückzuführen, nicht teile.²⁶ Dieses Beispiel verweist uns darauf, gegenwärtige Erkenntnisse der Naturwissenschaften sorgfältig zu analysieren, um sie nicht vorzeitig zu verabsolutieren.

Engels ging stets mit Vorsicht an neue Erkenntnisse heran, wie seine Ausführungen zum Äther zeigen, machte aber dabei zugleich auf ihren philosophischen Gehalt aufmerksam. So hat er mit Marx die Bedeutung der Darwinschen Entwicklungstheorie für die weltanschauliche Auseinandersetzung betont, sich mit den biologischen Grundlagen der Menschwerdung befaßt und auf die Dialektik von Notwendigkeit und Zufall, von Erhaltung und Entwicklung in der biologischen Evolution verwiesen. Intensiv wurde bereits um die philosophischen Probleme der Physik diskutiert. Ihre Behandlung durch die Klassiker des Marxismus-Leninismus hat große Bedeutung für die Behandlung philosophischer Probleme der Biologie, die heute vor allem durch die Entdeckung des genetischen Codes neue Dimensionen erhalten.

Die Frage nach der Grundstruktur molekularen Verhaltens war zur Zeit von Engels nicht geklärt. Er untersuchte die objektive Dialektik auf dieser Ebene und hob als Grundform der Bewegung die Annäherung und Entfernung, Attraktion und Repulsion hervor. Das machte es möglich, die Dialektik der Molekularbewegung zu erfassen, die Bewegung als Daseinsweise der Materie zu begreifen. Bei ihm hieß es: „Die ganze uns zugängliche Natur bildet ein System, einen Gesamtzusammenhang von Körpern, und zwar verstehn wir hier unter Körpern alle materiellen Existenzen vom Gestirn bis zum Atom, ja bis zum Ätherteilchen, soweit dessen Existenz zugegeben. Darin, daß diese Körper in einem Zusammenhang stehn, liegt schon einbegriffen, daß sie aufeinander einwirken, und diese ihre gegenseitige Einwirkung ist eben die Bewegung. Es zeigt sich hier schon, daß Materie undenkbar ist ohne Bewegung. Und wenn uns weiter die Materie gegenübersteht als etwas Gegebenes, ebensosehr Unerschaffbares wie Unzerstörbares, so folgt daraus, daß auch die Bewegung so unerschaffbar wie unzerstörbar ist.“²⁷

²³ Ebenda, S. 517.

²⁴ Ebenda, S. 517 f.

²⁵ K. A. Timirjaseff, Engels' Naturdialektik und die moderne Physik, in: Unter dem Banner des Marxismus, Bd. 1/1925/26, S. 468 f.

²⁶ Vgl. ebenda, S. 459.

²⁷ F. Engels, Dialektik der Natur, in: MEW, Bd. 20, a. a. O., S. 355.

Gegenüber dem materialistischen Grundgedanken ist die Feststellung zweitrangig, daß die Elementarteilchenphysik inzwischen die Umwandlung der Teilchen ineinander festgestellt hat und so zu einer kritischen Analyse der Auffassung von der Ortsveränderung als Annäherung und Entfernung auffordert. Eine Kritik überholter Teilauffassungen darf nicht mit der revisionistischen Beseitigung von Grundstandpunkten verwechselt werden. Das gilt auch für Engels' Theorie vom ewigen Kreislauf.²⁸

Die Materieformen sind einzeln vergänglich und erhalten sich doch im ewigen Kreislauf der Materie. Sie sind voneinander abhängig und doch relativ selbständig. Auch die Menschheit kann nach Engels auf einem Planeten verschwinden, wird jedoch auf anderen sich wieder entwickeln. Nicht die Reduktion der qualitativen Vielfalt auf *eine* Qualität, seien es Atome oder die Wärme, wird hier gefordert, sondern die Erhaltung aller qualitativ bestimmten Formen behauptet. Zwar vergehen sie in einer bestimmten Zeit und auf bestimmten Planeten, entstehen aber zu anderen Zeiten auf anderen Planeten wieder.

Vielleicht ist das Bild des ewigen Kreislaufs nicht unbedingt angebracht. Vernunftbegabte Wesen müssen nicht unbedingt an einer Stelle vernichtet werden, um woanders wieder zu entstehen. Aber der große Grundgedanke von Engels, der schon bei den Griechen eine Rolle spielte, bleibt bestehen. Die unerschöpfliche Materie ist Ursache ihrer selbst. Die Materieformen entstehen und vergehen. Aber die Entwicklung hört nicht auf. Qualitative Formen der Materie [27] werden, wenn sie vergehen, auch wieder entstehen. Nichts ist in seinen wesentlichen Seiten einmalig und unwiederholbar. Das Individuum stirbt, aber die Gesellschaft existiert weiter. Der Untergang von Gesellschaften an bestimmten Orten ist mit dem möglichen Entstehen an anderen Orten verbunden. Indem der Mensch sich entwickelte, wurde der Kreis geschlossen. Mit der menschlichen Gesellschaft existieren die möglichen qualitativ unterschiedlichen Bewegungsformen in Natur und Gesellschaft strukturell miteinander verbunden. Der Mensch als Naturwesen gestaltet in bestimmten gesellschaftlichen Verhältnissen die existierende Natur für seine Zwecke um. Er produziert bewußt seine Existenzbedingungen, erweitert seinen Gesichtskreis und dringt in die Materiestruktur ein, deren Gesetze er zur Produktion einer künstlichen Umwelt ausnutzt.

Die Betrachtung einiger Ideen von Engels zeigt, daß die philosophische Analyse den Zusammenhang zwischen naturwissenschaftlicher Entwicklung einer bestimmten Zeit und präzisierten dialektischen Aussagen berücksichtigen muß, wenn sie die heuristische Bedeutung der materialistischen Dialektik hervorheben will. Die materialistische Dialektik als Wissenschaft unterscheidet sich einerseits von allen vorangegangenen dialektischen Überlegungen durch die prinzipiell materialistische Haltung, die Tatsachen in ihrem eigenen objektiven Zusammenhang zu analysieren und sie nicht in phantastische Beziehungen einzuordnen. Gerade dieses materialistische Grundprinzip wurde bei der Kritik der Relativitätstheorie, der Genetik und bei der Mißachtung von Erkenntnissen zur biologischen Evolution durch einige „Dialektiker“ in der Vergangenheit nicht beachtet. Andererseits nimmt die materialistische Dialektik alle wichtigen Ideen aus der naturwüchsigen Dialektik der antiken Denker, aus der klassischen deutschen Philosophie und weiteren Quellen auf.

W. I. Lenin hat in seiner Auseinandersetzung mit dem Empiriokritizismus vor allem den materialistischen Standpunkt verteidigt und schöpferisch eine Reihe von dialektischen Beziehungen untersucht. Er hat wesentliche erkenntnistheoretische Fragen beantwortet. Dabei ging es ihm vor allem um die Beziehung zwischen relativer und objektiver Wahrheit, die Rolle der Praxis im Erkenntnisprozeß, die Widerspiegelungsauffassung und die Analyse der „Krise der Physik“. Von heuristischer Bedeutung ist seine Erkenntnis von der Unerschöpflichkeit der Materie. Er sprach davon, daß das Elektron so unerschöpflich sei wie das Atom, um die Ablehnung der Idee einer absoluten Substanz durch den dialektischen Materialismus zum Ausdruck zu bringen, der „auf dem zeitweiligen, relativen, annähernden Charakter aller dieser *Marksteine* in der Erkenntnis der Natur durch die fortschreitende Wissenschaft des Menschen“ beharrt.²⁹ Unendlichkeit der Materie heißt ewiger Formwandel materieller [28] Prozesse, Unerschöpflichkeit der Objekte, Eigenschaften und Beziehungen und damit Unerschöpflichkeit der Raum-Zeit-Strukturen.³⁰

²⁸ Vgl. ebenda, S. 327.

²⁹ W. I. Lenin, Materialismus und Empiriokritizismus, in: Werke, Bd. 14, a. a. O., S. 262.

³⁰ Vgl. [H. Hörz, Materiestruktur, Berlin 1971](#), S. 283 ff. H.-J. Treder, Philosophische Probleme des physikalischen Raumes, Berlin 1974.

Daraus ergibt sich die erkenntniskritische Seite materialistischer Dialektik. Sie hebt solche Aspekte gegenwärtiger Erkenntnisse hervor, die ungenügend den objektiven Zusammenhang, die Veränderung und Entwicklung berücksichtigen. Materialistische Dialektik als Denkmethode fordert neue Erkenntnisse.

So haben die Klassiker des Marxismus-Leninismus wesentliche Beziehungen wie die zwischen Kausalität und Gesetz, Notwendigkeit und Zufall, Möglichkeit und Wirklichkeit, Absolutem und Relativem und die Grundgesetze der Dialektik vom Übergang von einer Qualität zur anderen, neuen und höheren Qualität durch quantitative und qualitative Änderungen im Rahmen der alten Qualität, vom dialektischen Widerspruch als Quelle der Veränderung und Entwicklung und von der Negation der Negation erkannt.

Die philosophische Verallgemeinerung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse vollzieht sich heute unter Ausnutzung der Grundprinzipien durch präzisierte philosophische Aussagen und durch philosophische Hypothesen und deren Überprüfung. Insofern haben die Arbeiten von Marx, Engels und Lenin für uns aktuelle Bedeutung. Sie formulierten in ihren Arbeiten zu lösende Aufgaben, theoretische Einsichten und methodische Hinweise, die in der weiteren Forschungsarbeit zu nutzen sind.

2. Die materialistische Dialektik als Einheit von Theorie, Methode und Methodologie

Die materialistische Dialektik als Wissenschaft von den allgemeinsten Beziehungen und Gesetzen der Struktur, Veränderung und Entwicklung in Natur, Gesellschaft und Bewußtsein deckt die objektiven Formen des Zusammenhanges der Objekte und Prozesse auf, analysiert ihre Bedingtheit (Kausalität) und Bestimmtheit (Gesetz) mit anderen Objekten und Prozessen und begreift sie in ihrer Veränderung und Entwicklung. Die Einheit der Welt besteht in ihrer Materialität. Sie ist eine Einheit von wesentlichen und unwesentlichen, notwendigen und zufälligen, stabilen und veränderlichen, niedriger und höher entwickelten Zusammenhängen, deren Formen gegenseitiger Bedingtheit wissenschaftlich durch die materialistische Dialektik erforscht werden. So zeigen naturwissenschaftliche Erkenntnisse über relativ stabile Systeme das Wesen in der Erscheinung, [29] die Notwendigkeit im Zufall, die Formierung des Inhalts, die unter bestimmten Bedingungen verwirklichte Möglichkeit. Die materialistische Dialektik hebt hervor, daß die Struktur des Systems nicht absolut stabil ist. Jedes System unterliegt der Veränderung. Dabei entstehen neue und höhere Qualitäten. Der Kern der materialistischen Dialektik ist die Erforschung objektiver dialektischer Widersprüche als Quelle der Entwicklung. Die dialektisch-materialistische Entwicklungskonzeption umfaßt die Tendenz zur Höherentwicklung als Einheit von Höherentwicklung, Stagnation, Regression und Herausbildung aller Elemente einer Entwicklungsphase.

Da unsere Vorstellungen, Begriffe und Theorien Widerspiegelungen der objektiven Realität sind, kommt in ihnen die objektive Dialektik zum Ausdruck. Wir erkennen den Zusammenhang und die Veränderung der Begriffe, die Entwicklung der Theorien durch Experimente und theoretische Verallgemeinerungen, durch Hypothesen und Modelle, durch Beobachtungen und Beschreibungen. Die Dialektik unserer Erkenntnisresultate (*subjektive Dialektik*) ist in erster Linie Widerspiegelung der Dialektik in Natur und Gesellschaft (*objektive Dialektik*). Die subjektive Dialektik drückt aber auch das tiefere Eindringen der menschlichen Erkenntnis (*Dialektik des Erkenntnisprozesses*) in das Wesen der objektiven Realität aus. Objektive Dialektik, subjektive Dialektik und Dialektik des Erkenntnisprozesses werden von der materialistischen Dialektik wissenschaftlich untersucht, wobei diese das Prinzip des *Determinismus* – das heißt die Anerkennung der Bedingtheit und Bestimmtheit der Objekte und Prozesse im objektiven Zusammenhang mit anderen Objekten und Prozessen – organisch mit dem *Entwicklungsprinzip* – das heißt der Anerkennung objektiver dialektischer Widersprüche als Quelle der Entwicklung, des Übergangs von einer Qualität zur anderen, neuen und höheren durch quantitative und qualitative Veränderungen im Rahmen der Ausgangsqualität und der Tendenz zur Höherentwicklung – verbindet.

Die Gesamtheit ihrer theoretischen Aussagen ist Grundlage für *methodische* Anforderungen an die wissenschaftliche Arbeit und die Aufstellung von Handlungsanweisungen für die praktische Tätigkeit. Dieser methodische Aspekt der materialistischen Dialektik fordert die Untersuchung und

Berücksichtigung der objektiven Beziehungen in den untersuchten Systemen, ihrer Hierarchie und ihrer Wechselbeziehungen mit anderen Faktoren, der Veränderung und Entwicklung der Systeme. Er ist gegen die verschiedensten Erscheinungsformen der Metaphysik gerichtet, die wesentliche Zusammenhänge und Veränderungen nicht berücksichtigt oder die Quelle der Entwicklung vernachlässigt.

Der *methodologische* Aspekt der materialistischen Dialektik fordert die dialektische Analyse des Systems der einzelwissenschaftlichen Methoden, um den Zusammenhang, die Veränderung und Entwicklung der verschiedenen Methoden zu erkennen. Hier werden die methodischen Forderungen der materialistischen [30] Dialektik zur theoretischen Erforschung des Systems der Methoden genutzt, was wiederum von methodischer Bedeutung sein kann. Als Hypothese wollen wir formulieren, daß das System der Methoden innerhalb der Eckpunkte der experimentellen, der logisch-mathematischen und der historischen Methode begriffen werden kann und alle anderen Methoden als Beziehungen zwischen diesen Eckpunkten zu erklären sind. Zu beachten ist, daß die materialistische Dialektik selbst eine sich verändernde und entwickelnde Methode ist. Die materialistische Dialektik kann in ihrer methodologischen Bedeutung keine der im Methodengefüge enthaltenen oder neu entstandenen Methoden ersetzen. Sie zeigt deren Bedeutung und relative Grenzen, untersucht ihren inneren Zusammenhang, ihre Veränderung und Entwicklung und erweist sich somit als Grundlage wissenschaftlicher Methodenkritik. Erst die Nutzung aller wissenschaftlichen Methoden zur Gewinnung neuer Erkenntnisse läßt die Bedeutung der Dialektik als Theorie des Zusammenhangs der erreichten Erkenntnisse, ihrer Veränderung und Entwicklung als Theorie des Methodensystems und als wissenschaftlich-philosophische Grundlage der Methodenkritik hervortreten. Elementare methodische Fehler naturwissenschaftlicher Forschungsarbeit können durch Dialektik nicht kompensiert werden.

Es könnte die Frage auftauchen, ob es richtig ist, die Methodologie so eng an die materialistische Dialektik der marxistisch-leninistischen Philosophie und damit an die Weltanschauung der Arbeiterklasse und ihrer Verbündeten zu binden oder sie sogar mit der materialistischen Dialektik in ihrer methodologischen Funktion zu identifizieren. Es gibt zwei Richtungen in der methodologischen Forschung. Die eine, positivistisch orientierte, versucht, eine von Weltanschauung freie Methodologie unabhängig von der Philosophie zu entwickeln. Das ist prinzipiell nicht möglich. Es wäre jedoch möglich, Methodologie als Einzelwissenschaft zu betreiben. Die zweite Richtung entwickelt die Methodologie durch ihre Ausarbeitung innerhalb der Philosophie, als philosophische Disziplin.

Nach K. R. Popper soll es in der Methodologie überhaupt ohne Weltanschauung gehen. Zwar kann nach ihm die Aufgabe der empirischen Wissenschaften, befriedigende Erklärungen zu finden, kaum verstanden werden, wenn wir nicht Realisten sind, die etwas anerkennen, was entdeckt werden kann. „Und doch scheint es mir“, schreibt er, „daß wir in der Methodologie weder einen metaphysischen Realismus voraussetzen müssen noch irgendwelchen Nutzen aus ihm ziehen können, abgesehen davon, daß er uns intuitiv helfen kann. Denn nachdem uns einmal gesagt worden ist, daß es das Ziel der empirischen Wissenschaft ist, zu erklären, und daß die befriedigendsten Erklärungen die am strengsten prüfbar und am strengsten geprüften sind, ist uns alles gesagt worden, was wir als Methodologen brauchen.“³¹

[31] Schon diese Feststellung wirft jedoch selbst eine Vielzahl weltanschaulich-philosophischer Probleme auf, die von der Frage nach der Quelle unseres Wissens, über die Möglichkeiten des Erkennens, die Kriterien der Prüfbarkeit, die Rolle von Erklärungen bis zum Verhältnis von Wahrheit und Wert wissenschaftlicher Theorien reichen. Die Beantwortung dieser Frage hat Auswirkungen auf die Methodologie. So kann die ungenügende Berücksichtigung des Aspekts der Veränderung und Entwicklung von Systemen zu einer Überschätzung des strukturellen Aspekts führen und damit einseitige Erklärungen hervorrufen. Gerade der Streit um das Verifikationsprinzip im logischen Positivismus hat den weltanschaulichen Hintergrund methodologischer Bemühungen gezeigt. Das kommt auch in einer späten Einsicht R. Carnaps zum Ausdruck: „Manche meiner psychologischen Freunde denken, daß wir Empiristen für die zu engen Schranken, die die Psychologen sich auferlegten, verantwortlich sind. Vielleicht überschätzen sie den Einfluß, den die Philosophen im allgemeinen auf die Wissenschaftler ausüben; aber wir sollten uns vielleicht als im gewissen Grad schuldig bekennen. Desto

³¹ K. R. Popper, Objektive Erkenntnis – ein evolutionärer Entwurf, Hamburg 1973, S. 227.

mehr sollten wir jetzt die geänderte Auffassung betonen, die dem arbeitenden Wissenschaftler mehr Freiheit in der Wahl seines begrifflichen Werkzeuges gewährt.“³²

Häufig wird zwischen starken, das heißt dem Forschungsprozeß strenge Regeln auferlegenden, und schwachen Methodologien, das heißt allgemeinen Rahmentheorien für methodisches Vorgehen, unterschieden. Sicher ist das Poppersche Schema, das von einem Problem ausgeht (P_1) eine Schar vorläufiger Lösungen betrachtet (VL_n), dann die Fehlerbeseitigung (ER) berücksichtigt, um zu einem neuen Problem zu kommen (P_2), in der Form $P_1 \rightarrow VL \rightarrow ER \rightarrow P_2$ einer schwachen Methodologie zuzurechnen, obwohl von ihm auch stärkere Forderungen formuliert werden.³³ Ist es aber überhaupt sinnvoll, solche schwachen methodologischen Forderungen weiter zu verfolgen, die ohne Analyse der Erkenntnisschwierigkeiten objektiver Dialektik und der Dialektik des Erkenntnisprozesses einen ganz allgemeinen Rahmen für die Erkenntnis geben wollen? Wesentlich sind doch heuristische Hinweise, die in der Methodologie fruchtbar sind, wenn sie auf der Übertragung von Denkweisen und Methoden von einer Wissenschaft auf andere oder auf präzisierten philosophischen Überlegungen beruhen. Damit ist die Methodologie an die Philosophie gebunden, und es wird wichtig, ob es sich um eine *wissenschaftliche* Philosophie handelt oder nicht. Die Methodologie hat als philosophische Disziplin aber auch die Aufgabe, die Existenz methodologisch relevanter Forschungen in der Logik, Mathematik, Kybernetik und anderen Wissenschaften zu berücksichtigen, deren Ergebnisse nicht direkt in Zusammenhang mit philosophischen Grundpositionen stehen.

[32] Das Scheitern starker Methodologien des Empirismus, von denen Carnap spricht, liegt weniger daran, daß der Versuch gemacht wurde, methodologische Probleme zu lösen, sondern vielmehr am undialektischen Absolutheitsanspruch der entsprechenden starken Methodologie mit der Forderung nach Rückführung der Theorien auf Protokollsätze und deren empirischer Überprüfung. Die Aufstellung von Schemata für die Beziehungen von Explanans und Explanandum erfordert zugleich die Analyse der Begriffe wie Gesetz, Bedingungen, Ereignis und die Aufdeckung ihres dialektischen Zusammenhangs. Die Rücknahme starker Methodologien, um dem Wissenschaftler mehr Freiheit in der Wahl seines begrifflichen Werkzeuges zu geben, ist noch keine Lösung des Problems. Das Grundproblem der Methodologie lautet: Wie kann man aus der bisherigen theoretischen und methodischen Erfahrung eine solche Theorie verallgemeinern, die den Zusammenhang der Methoden, ihre Veränderung und Entwicklung erklärt, aus der zugleich methodische Überlegungen mit heuristischer Bedeutung für den weiteren Erkenntnisprozeß abzuleiten sind. Damit ist nicht gesagt, daß man Methoden nicht länger als Mengen von Handlungsregeln verstehen könne. Man darf aber eine solche Bestimmung des Methodenbegriffes nicht überschätzen.

Auch in der Methodologie gilt, daß theoretische Klarheit über die untersuchten Beziehungen, das heißt über das System der Methoden, Voraussetzung für fruchtbare methodische Überlegungen ist. Es ist zu berücksichtigen, daß methodologische Überlegungen, wenn sie in einer Theorie zusammengefaßt werden, philosophisch-weltanschauliche Grundlagen besitzen, die die Widerspiegelungs-, Wahrheits- und Praxisauffassung betreffen, mit denen methodologische Forderungen begründet werden. Welche das sind, muß konkret-historisch ausgearbeitet werden. Bewußte Gegner der Dialektik können zwar methodisch richtig arbeiten, aber keine wissenschaftliche Methodologie als philosophische Disziplin, das heißt die Theorie über den Zusammenhang, die Veränderung und Entwicklung der Methoden begründen, obgleich sie durch begründete Reflexionen über ihre methodische Arbeit Beiträge dazu zu leisten vermögen. Denken wir etwa an Ergebnisse logischer Positivisten bei der Sprachanalyse, des Strukturalismus, des Operationalismus und an die Bedeutung vieler Überlegungen von hervorragenden Naturwissenschaftlern zu ihrer methodischen Arbeit. Bewußte Dialektiker sind nicht vor Fehlern bei der Entwicklung der Methodologie gefeit. Deshalb ist für sie die ständige Methodenkritik ihrer eigenen Arbeit unabdingbar.

Ein wesentlicher Beitrag zur Ausarbeitung der Methodologie, das heißt der Theorie des Zusammenhangs, der Veränderung und Entwicklung der Methoden, ist die theoretische Erfassung des Systems der

³² R. Carnap, Theoretische Begriffe der Wissenschaft, in: Zeitschrift f. phil. Forschung, Bd. XIV/1960, S. 579.

³³ Vgl. K. R. Popper, Objektive Erkenntnis – ein evolutionärer Entwurf, a. a. O., S. 270.

Methoden in seinen dialektischen Beziehungen. Diese Theorie hat selbst wieder einen methodischen Aspekt, nämlich die Aufstellung von Regeln und Handlungsanweisungen für den Forschungsprozeß.

[33] Ausgehend von der Analyse des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses, der einerseits durch die vom Menschen zur Erkenntnisgewinnung eingesetzte objektive Analyse von Objekten und Prozessen im Experiment und andererseits durch die schöpferische subjektive Synthese analysierter Erkenntnisse in der Theorie bestimmt ist, kann man die *experimentelle Methode* – als Bestandteil der praktisch-gegenständlichen Tätigkeit des Menschen zur Erkenntnis der Welt mittels objektiver Analyse und praktischer Synthese – und die *mathematische Methode* – als Prototyp theoretisch-schöpferischen Denkens – als zwei Eckpunkte dieses Methodensystems betrachten. Die logische Methode wird als wesentliche Voraussetzung der mathematischen Methode betrachtet, die im Sinne mathematischer Denkweise als das Entwerfen widerspruchsfreier Strukturen in ideellen Systemen verstanden wird. Die schöpferisch-theoretische Erkenntnis leistet in ihrer synthetisierenden Funktion zwei wesentliche Beiträge für die begriffliche Erfassung der objektiven Realität. Einerseits verallgemeinert sie gewonnene Teilerkenntnisse aus der im Experiment durchgeführten objektiven Analyse, wobei sie auch schon verallgemeinerte Erkenntnisse berücksichtigt. Andererseits entwirft sie ideelle Strukturen von Systemen mit ideellen Objekten, konstruiert theoretisch mögliche objektive Sachverhalte.

Die Mathematik, hier als Wissenschaft von den möglichen formalisierbaren Strukturen von Systemen ideeller Objekte verstanden, zeigt diese Einheit von Synthese und Konstruktion, von Verallgemeinerung und Entwurf. Insofern ist die Widerspiegelungsfunktion der Mathematik eine Einheit von Darstellungs- und heuristischer Funktion.

Die experimentelle Methode, mit ihren Schritten von der Aufstellung überprüfbarer Hypothesen, über die gedankliche Vorbereitung und Durchführung des Experimentes bis zur Auswertung der erhaltenen Daten, konzentriert sich wesentlich auf die praktische Tätigkeit zur Analyse von Objekten und Prozessen. Das wird ergänzt durch die mögliche praktische Synthese nach theoretischen Vorstellungen, die die praktische Realisierung theoretischer Möglichkeiten zeigen muß. Die Bedeutung des Experiments für die praktische Synthese, wie auch die Rolle der Theorie für die Analyse, weisen auf die Dialektik der Beziehungen zwischen der praktischen objektiven Analyse und der theoretischen Synthese hin.

Die Vernachlässigung dieser Dialektik kann zum Empirismus und damit verbunden zur Spekulation führen. Ein Beispiel dafür liefert heute die Parapsychologie, wenn sie beobachtete Phänomene keiner streng wissenschaftlichen Kontrolle unterwirft, sondern ungenügend gesicherte Experimente mit Spekulationen über neue Wesenskräfte des Menschen verbindet. Verschiedentlich wird auch die synthetische Funktion theoretischen Denkens einseitig in der Verallgemeinerung analysierter Sachverhalte, in der Widerspiegelung objektiver Realität gesehen und die Einheit von schöpferischen Konstruktionen (Denkmöglich-[34]keiten) und realen Möglichkeiten nicht beachtet, die in der praktischen Synthese zu überprüfen sind.

Experimentelle und mathematische Methode als Ausdruck des praktischen und theoretisch-schöpferischen Herangehens an die Erkenntnis der Wirklichkeit stehen im Methodensystem im engen Zusammenhang mit der *historischen Methode*, die Objekte und Prozesse in ihrer Veränderung und Entwicklung faßt, die zur gegenwärtigen Struktur geführt haben. Sie verlangt, das Verhältnis von Logischem und Historischem in der Theorienentwicklung weiter auszuarbeiten, wobei hier unter Logischem die Darstellung der fertigen Theorie als Widerspiegelung der gesetzmäßigen Beziehungen bestimmter Objektbereiche, die Entfaltung ihres Begriffsapparates verstanden wird, während das Historische die Herausbildung dieser Theorie charakterisiert. Das gilt auch für Prozeß- und Entwicklungstheorien. Die historische Methode hat damit zwei Aspekte. Einerseits dient sie zur Erkenntnis der in der gegenwärtigen Struktur geronnenen Veränderungen und Entwicklungen. Andererseits ist mit ihrer Hilfe die Entwicklung der Theorien über bestimmte Gegenstände aufzudecken, die Begriffsgeschichte zu analysieren und sind die Determinanten konkret-historischer Erscheinungsformen theoretischer Auffassungen zu bestimmen.

Unsere Hypothese für die Untersuchung des Methodensystems durch die materialistische Dialektik besteht also darin, alle Methoden als Beziehungen zwischen experimenteller, logisch-mathematischer

und historischer Methode zu charakterisieren. Die Vielschichtigkeit der Modellmethode, die z. B. das Aufsuchen von Analogien in materiellen und ideellen Systemen fordert und mit deren Gegenständen arbeitet, als seien es die untersuchten Objekte oder die entsprechenden Theorien, deckt heute die ganze Breite von der objektiven Analyse bis zur subjektiven Synthese, vom theoretischen Entwurf bis zur praktischen Synthese ab. Die materialistische Dialektik als Einheit von Theorie, Methode und Methodologie kann heuristische Hinweise zur Lösung erkenntnistheoretisch-methodologischer Probleme geben. Das ist eine Aufgabe, die starke Methodologien falsch und schwache gar nicht lösen.

Das zeigt sich bei methodologischen Problemen der *wissenschaftlich berechtigten Reduktionen* im Erkenntnisprozeß. (Hier geht es nicht um die Reduktion im logischen Sinne, die sich von der Deduktion unterscheidet, weil die logische Reduktion von den Nachsätzen eines Schlußschemas hypothetisch auf den Vordersatz schließt.) Wissenschaftlich berechtigte Reduktionen sind das methodische Vorgehen in der Wissenschaft, komplexe und komplizierte Systeme durch Rückführungen auf Aspekte, Elemente usw. der tiefergehenden Analyse zugänglich zu machen. Insofern sind diese Reduktionen Vereinfachungen.

Manchmal wird die für die wissenschaftliche Erkenntnis notwendige Reduktion komplexer und komplizierter Erscheinungen schon als *philosophischer Reduktionismus* kritisiert. Die Erfolge physikalischer Untersuchungen in chemischen und [35] biologischen Bereichen zeigen jedoch, daß eine einseitige Auffassung vom Erkenntnisprozeß philosophische Hemmnisse bei der Entwicklung von Wissenschaftsstrategien aufbauen kann. Dabei darf der Einfluß des philosophischen Reduktionismus nicht unterschätzt werden. Er ist die philosophische Verabsolutierung von solchen Reduktionen, die für die wissenschaftliche Erkenntnis zur Erklärung des untersuchten Objekts oder Systems notwendig sind, und verhindert die Untersuchung von existierenden Systemgesetzen.

Um die Beziehungen zwischen wissenschaftlich berechtigten Reduktionen und dem philosophischen Reduktionismus zu verdeutlichen, sollen als Beispiele drei wesentliche Formen der Reduktion genannt werden, deren einzelwissenschaftliche Durchführung oft schon fälschlicherweise als Reduktionismus bezeichnet wird. Im Zusammenhang mit der Kritik anti- und pseudodialektischer Auffassungen bürgerlicher Wissenschaftsphilosophen wird das Problem des Reduktionismus noch einmal aufgegriffen und die Vielfalt der Formen verdeutlicht. An dieser Stelle geht es um die Reduktion des Besonderen auf das Allgemeine, des Höheren auf das Niedere und des Systems auf die Elemente. Das sind wesentliche Formen wissenschaftlich berechtigter Reduktionen.

Nehmen wir *erstens* die Reduktion des Besonderen auf das Allgemeine. So konnten z. B. die Erfahrungen über die Reibung, die Beziehungen zwischen mechanischer und Wärmeenergie auf den Energieerhaltungssatz zurückgeführt werden. Die Keplerschen Gesetze und viele physikalische Einsichten in Besonderheiten der objektiv-realen Prozesse fanden ihre Erklärung in der Theorie Newtons. Die Reduktion des Besonderen auf das Allgemeine ist eine wesentliche Erkenntnismethode. Sie führt zu Theorien und zum Zusammenhang von Theorien. Die Verabsolutierung dieses Aspekts kann jedoch die Mißachtung von Besonderheiten bedeuten und erkenntnistheoretische Schwierigkeiten hervorbringen. So ist der thermodynamische Ansatz zur Erfassung von Entwicklungsprozessen nur der physikalisch-theoretische Rahmen, aber nicht die Entwicklungstheorie selbst. Die Newtonsche Theorie ist nicht die Mechanik physikalischer Prozesse überhaupt, und der Energieerhaltungssatz muß im Zusammenhang mit anderen Erhaltungssätzen gesehen werden.

Zweitens können Elementarmechanismen höherentwickelter Systeme durch Reduktion der Systeme auf Vorgänge in niedriger entwickeltem Niveau untersucht werden. So ist es erforderlich, die physikalischen Grundlagen von Lebensprozessen zu erforschen. Diese Reduktion des Höheren auf das Niedere ist wissenschaftlich notwendig und berechtigt, solange die höhere Bewegungsform nicht aus den Gesetzen der niederen erklärt werden soll. Einerseits kann dabei eine Hypothese von der physikalischen Erklärung nicht mit philosophischen Gründen widerlegt werden, sondern das Kriterium der Wahrheit ist das Experiment. Generell ist es erforderlich, solche Hypothesen so lange experimentell zu prüfen, bis die Grenzen der Reduktionen deutlich werden. Andererseits darf [36] das aber nicht zur Leugnung der Systemgesetze für das höherentwickelte System führen, die untersucht werden

können, auch wenn die Einsichten in das niedrigere Niveau noch fehlen. So kann die Psychologie nicht warten, bis die Molekularbiologie die elementaren Mechanismen psychischer Prozesse untersucht hat. Die Physik hatte bereits große Erfolge, bevor sie die mikrophysikalischen Grundlagen makrophysikalischer Gesetze untersuchen konnte. Auch heute ist es keinesfalls erforderlich, die Theorie der Elementarteilchen zu kennen, um Atom- und Molekülphysik zu betreiben.

Das führt zu einer *dritten* Reduktion, in der die Systeme auf ihre Elemente zurückgeführt werden. Hier hat die Konzeption der statistischen Gesetze zu tieferen Einsichten in die objektive Struktur geführt.

Es wird damit deutlich, daß wissenschaftlich berechnete Reduktionen keine voreilige philosophische Kritik verdienen. Erst ihre Verabsolutierung, wie sie z. B. von neopositivistischen Ansätzen verschiedenster Spielart immer wieder durchgeführt wird, ist philosophischer Reduktionismus, der allerdings dann auch weltanschaulich gefährlich werden kann. Erinnerung sei hier nur an die Diskussionen um das Verhältnis von Wissenschaft und Humanismus. Die Reduktion des Menschen allein auf ein naturwissenschaftliches Objekt der Forschung läßt antihumane Experimente zu. Ein solcher Reduktionismus hat gesellschaftliche Ursachen, die aufzudecken sind, um seine weltanschauliche Gefährlichkeit zu entlarven.

Damit die materialistische Dialektik ihrer heuristischen, ihrer weltanschaulichen und methodologischen Funktion gegenüber der naturwissenschaftlichen Forschung gerecht werden kann, muß sie tiefer in die objektiven dialektischen Beziehungen eindringen. Das kann nur über die philosophische Analyse naturwissenschaftlicher Erkenntnisse geschehen, die selbst immer umfangreicher die objektive Dialektik natürlicher Prozesse in ihrer Struktur, Veränderung und Entwicklung erfassen, also tiefer in die Materiestruktur eindringen.

Dabei verstehen wir unter *Materiestruktur* die Gesamtheit der Beziehungen zwischen materiellen Objekten. Sie ist die Einheit von Materiearten und Materieformen. Als *Materiearten* können wir die Gesamtheit existierender Objektgruppen bezeichnen, die als relativ abgeschlossene Systeme mit eigenen Systemgesetzen existieren. Dazu gehören die Fundamentarteilchen, Atome, Moleküle, Festkörper, Sterne, Galaxien, Organismen, Menschen, die Gesellschaft. *Materieformen* sind die Beziehungen zwischen diesen Objekten in ihrer typischen Allgemeinheit. Dazu gehören Strukturformen, wie Raum und Zeit, Bewegungs- und Entwicklungsformen. Tieferes Eindringen in die objektive Dialektik heißt also philosophische Analyse der naturwissenschaftlichen Erkenntnisse zu Raum, Zeit und Bewegung, zum Determinismus und zur natürlichen Evolution. [37]

3. Raum-Zeit und Bewegung

Lenin unterschied die Frage nach der Veränderung der Begriffe Raum und Zeit von der erkenntnistheoretischen Frage nach der objektiven Realität der Raum-Zeit-Strukturen. Erst die materialistische Anerkennung der objektiv-realen Raum-Zeit ermöglicht das wissenschaftliche Verständnis der Entwicklung unserer Raumzeit-Begriffe. Lenin stellte fest: „In der Welt existiert nichts als die sich bewegende Materie, und die sich bewegende Materie kann sich nicht anders bewegen als im Raum und in der Zeit. Die menschlichen Vorstellungen von Raum und Zeit sind relativ, doch setzt sich aus diesen relativen Vorstellungen die absolute Wahrheit zusammen, diese relativen Vorstellungen entwickeln sich in der Richtung der absoluten Wahrheit, nähern sich dieser. Die Veränderlichkeit der menschlichen Vorstellungen von Raum und Zeit widerlegt die objektive Realität beider ebensowenig, wie die Veränderlichkeit der wissenschaftlichen Kenntnisse über Struktur und Bewegungsformen der Materie die objektive Realität der Außenwelt widerlegt.“³⁴

Die Geschichte der Raum-Zeit-Auffassungen führt zum wissenschaftlichen Verständnis objektiv-realer Raum-Zeit-Strukturen. Dabei ist die Einsicht in den inneren Zusammenhang von Bewegung, Raum und Zeit erst spät wissenschaftlich zu belegen. Um sie zu gewinnen, mußte der Unterschied zwischen Raum und Zeit herausgearbeitet werden. Es war die dialektische Beziehung von Einheit und Unterschied zu erfassen. Der innere Zusammenhang von Raum und Zeit hebt die relativen

³⁴ W. I. Lenin, Materialismus und Empiriekritizismus, in: Werke, Bd. 14, a. a. O., S. 171 f.

Unterschiede dieser Existenzformen der Materie nicht auf. Aus der Geschichte der Philosophie ergibt sich der Raumbegriff als Widerspiegelung der Ausdehnung. Materielle Objekte sind ausgedehnt. Für Descartes waren sie *res extensa*. Seine prinzipielle Unterscheidung zwischen der *res extensa* und der *res cogitans* läßt sich nicht mehr aufrechterhalten, da Bewußtseinsprozesse an materielle Grundlagen wie Neuronen und ihre Schaltungen gebunden sind und diese ausgedehnte Objekte darstellen. Wenn wir also von jeder konkreten Struktur eines Systems, von der konkreten Wechselwirkung, von jeder konkreten Bewegung abstrahieren, dann bleibt die Ausdehnung als Existenzform der Objekte. Der reine Raumbegriff ist deshalb nichts anderes als die Zusammenfassung unserer Erkenntnisse über existierende Ausdehnungen. Diese existieren im globalen Sinn als ausgedehnter Bereich materieller Veränderungen, in dem Objekte wechselwirken. Einen solchen Raumbereich können wir als System bezeichnen, dessen Ausdehnung durch die Existenzbedingungen der entsprechenden Systemgesetze begrenzt ist. Solche Raumbereiche sind beispielsweise Atome, Moleküle, Festkörper, Galaxien, Metagalaxien. Der Zusammenhang der Systeme ergibt eine [38] Hierarchie der Raumbeziehungen. Elementare Räume existieren in globalen Räumen. Verabsolutiert man die Existenz eines letzten globalen Raumes, so hat man die Annahme eines absoluten Raumes.

Ausdehnung existiert im elementaren Sinn als Ausdehnung relativ elementarer Objekte. Diese Objekte haben eine Struktur. Das bedeutet jedoch nicht, daß das Verständnis des Raumes als Ausdehnung unbedingt die Existenz von Teilen eines Ganzen verlangt. Es kann sich hier auch um Wechselbeziehungen elementarer Objekte handeln, bei denen die Objekte nicht an sich, in individueller elementarer Ausdehnung existieren. Ausdehnung existiert in einem Beziehungsgefüge miteinander verbundener Objekte. Wird Ausdehnung im elementaren Sinn verabsolutiert, dann ergibt sich die Vorstellung von immateriellen punktförmigen Elementen ohne Struktur.³⁵ Berechtigte Abstraktionen wie die von den globaleren Räumen und den Punkten des Raumes führen, verabsolutiert, zu einseitigen philosophischen Auffassungen. Die Raumbeziehungen existieren zwischen relativ globalen Systemen und relativ elementaren Objekten, als Raumerfüllung von Objekten, als Lagebeziehung, als Objektbahn. Die Strukturen des Raumes, das heißt die konkrete Art und Weise existierender Ausdehnungen, sind immer besser zu erkennen. Es existiert keine Ausdehnung ohne Materie, also kein absoluter Raum, und es gibt keine wirklichen Objekte ohne Ausdehnung, also keine immateriellen punktförmigen Elemente.

Raum als Ausdehnung wird durch die Wissenschaft in verschiedener Weise erfaßt.

Erstens erfaßt der Raumbegriff die in Strukturen manifeste Ausdehnung von Objekten. Diese Einsicht ist mit der Änderung unserer Vorstellung vom Vakuum verbunden. Unter der Voraussetzung der Existenz identischer kleinster Teilchen, aus denen die Welt aufgebaut ist, muß für die Bewegung dieser Teilchen notwendig der leere Raum zur Erklärung herangezogen werden. Betrachtet man nur die Ortsveränderung undurchdringlicher Körper, so können sie nicht konzentriert den Raum (Bereich, in dem sich die Bewegung vollzieht) erfüllen. Das war auch der Gedanke Demokrits, der zur Erklärung der Bewegung das Volle und das Leere benutzte. Mit dem Fortschritt der Wissenschaft wurde die Unhaltbarkeit der Hypothese gezeigt, daß man alles auf identische, kleinste Teile reduzieren kann. Die moderne Physik zeigt nicht nur die Abhängigkeit der Elementarteilchen voneinander, sondern auch ihre gegenseitige Umwandelbarkeit. Damit entfällt die Notwendigkeit der Hypothese vom leeren Raum zur Erklärung der Bewegung. Bewegung ist nicht einfach Ortsveränderung von Körpern. Bewegung ist Veränderung im allgemeinsten Sinne. Zu ihr gehören die Ortsveränderung, die äußere und innere Wechselwirkung, die qualitative Veränderung, [39] die Umwandelbarkeit einer Materieart in eine andere und die Entwicklung. Da die materiellen Prozesse sich gegenseitig durchdringen können, bedarf es für die Vielfalt der Bewegung keines materiefreien Raumes. Die Untersuchung der Materiefelder zeigte, daß nicht die äußere Form eines Körpers oder eines Korpuskel die Grenze ihrer Wirksamkeit darstellt. Elementarobjekte haben die Möglichkeit zur Wirkung in einem größeren Bereich als ihn die realisierte Möglichkeit einnimmt. Wir müssen die Felder der Objekte berücksichtigen. Betrachtet man den Raum als Bereich, in dem sich Bewegung vollzieht, dann stellt man die Erfülltheit dieses Bereichs mit Materie fest. Mehr noch, die Angabe des Bereichs muß durch die

³⁵ Das betrifft nicht die Feststellung von möglichen Elementarlängen. Vgl. dazu H. Hörz, *Materiestruktur*, a. a. O., S. 251 ff.

Angabe materieller Prozesse erfolgen. Damit kann man sich aber auch, entgegen der Auffassung Kants, den Raum nicht mehr ohne Materie vorstellen. Die Entwicklung der Raum-Zeit-Auffassung hat die These vom absoluten Raum widerlegt.

Zweitens umfaßt der Begriff Raum bestimmte Raumbereiche, die durch die Existenz von Systemgesetzen als relativ geschlossene Systeme bestimmt sind. Dazu gehören die Bereiche quantenmechanischen Verhaltens, Atombewegungen, Molekularveränderungen, die Erde, das Sonnensystem, Galaxien.

Drittens umfaßt der Begriff Raum die Lagebeziehungen und Bewegungsbahnen der Objekte. Auf die Problematik der Erfassung der Bewegung als Summe von Ruhepunkten ist noch zurückzukommen.

Um zum Zeitbegriff zu kommen, unterscheiden wir konkrete Veränderungen, mit denen wir die Zeit messen, von der reinen Zeit. Diese erhalten wir, wenn wir von den konkreten Veränderungen absehen und nur noch die Existenz einer Dauer, eines Geschehens ohne *konkreten* Inhalt berücksichtigen. Der reine Zeitbegriff drückt damit die reine Dauer aus, die durch konkrete Veränderungen gemessen wird. Veränderungen sind kausal bedingt. Insofern ist Zeit als Dauer nicht nur Größe der Dauer, sondern auch Verhältnis zwischen Früher und Später, zwischen Vergangenheit und Zukunft. Daraus ergeben sich Konsequenzen für die Zeitauffassung: Einerseits bestimmt der Charakter der objektiv-realen Veränderungen die Dauer der Veränderungen, also die Zeit. Jedes System hat seine Eigenzeit, nämlich die durch seine Systemgesetze bestimmte Dauer der Strukturveränderungen. Für physikalische Systeme hat die Relativitätstheorie die Eigenzeit als Invariante bestimmt. Die Zeit als Existenzform der Materie ist jedoch keine Invariante für alle Systeme im Sinne einer absoluten Weltzeit, die einen absoluten Schnitt zwischen Vergangenheit und Zukunft zieht. Kausalität erfordert eine bestimmte zeitliche Richtung für konkrete Systeme. Das wird besonders deutlich, wenn wir an die Existenz von Biorhythmen denken. Der Zyklus von der Saat bis zur Reife hat seine eigenen Gesetze, die in Abhängigkeit von den Bedingungen die Eigenzeit des Reifeprozesses einer Pflanze bestimmen. Die Eigenzeit anderer Systeme gilt es noch sorgfältig zu analysieren. Die Frage jedoch, ob es ein umfassendes System gäbe, mit dem eine absolute Zeit zu be-[40]stimmen wäre, kann verneinend beantwortet werden. Deshalb ist andererseits stets der Zusammenhang zwischen den verschiedenen Eigenzeiten herzustellen. Aus ihnen wurde der Zeitbegriff abstrahiert. Ihr Zusammenhang ist in der materiellen Einheit der Welt begründet, denn es gibt keinen materiellen Bereich, der nicht durch materielle Prozesse mit anderen Bereichen verbunden ist. Insofern existiert für Teilsysteme eines umfassenden Systems neben den Eigenzeiten der Teilsysteme die Zeit des Gesamtsystems. Die Zeitbeziehungen sind wieder als Wechselbeziehungen zwischen globalen Zeiten umfassender Systeme und relativ elementaren Zeiten, die sich möglicherweise aus der Irreversibilität elementarer Veränderungen ergeben, zu bestimmen.

3.1. Raum als Struktur

Die Entwicklung der wissenschaftlichen Raumauffassung vollzog sich einerseits im Nachweis der Einheit von Physik und Geometrie, indem die physikalische Bedeutung nichteuklidischer Geometrien erkannt und die Kantsche Behauptung von der A-priori-Gültigkeit der Euklidischen Geometrie zurückgewiesen wurde. Andererseits wurde der Raumbegriff in der Mathematik immer weiter verallgemeinert, so daß abstrakte Räume eine Menge von Elementen mit definiertem Grenzübergang darstellen. Innerhalb dieser abstrakten Räume kann man Ergebnisse von Messungen definieren. Sie existieren also nicht unabhängig von den materiellen Prozessen und widerspiegeln objektiv-reale Beziehungen, wenn sie zur Darstellung von Ergebnissen physikalischer Messungen benutzt werden. In diesem Sinne ist der Streit um die indefinite Metrik des Hilbert-Raums in der Heisenbergschen Theorie keine Meinungsverschiedenheit über die Existenz abstrakter Räume, sondern über ihre Ausnutzung bei der theoretischen Erfassung physikalischer Prozesse. Deshalb ist philosophisch auch die Beziehung zwischen mathematischen und physikalischen Räumen interessant. Die mathematische Verallgemeinerung des Raumbegriffs erlaubt eine immer bessere Widerspiegelung der objektiv-realen Struktur physikalischer Prozesse, und der objektiv-reale Raum erweist sich immer mehr als objektiv-reale Struktur, wobei der von uns von der allgemeinen Struktur getrennt betrachtete Anschauungsraum mit seinen drei Dimensionen ein Spezialfall der abstrakten Räume ist. Die Mathematik ist

also nicht beziehungslos zum objektiven Raum, da ihre denkmöglichen Strukturen zur Widerspiegelung objektiv-realer wirklicher oder möglicher Strukturen dienen und die Interpretation von mathematischen Objekten in einer mathematisch dargestellten physikalischen Theorie eine wichtige Aufgabe der physikalischen Erkenntnis ist. Hier sei nur an die Diracsche Löchertheorie und ihre Bedeutung zur Entdeckung der Positronen erinnert.

[41] Der mathematische Raum beansprucht Interesse für Physik und Philosophie als physikalisch interpretierbare Struktur, als Bestandteil des tieferen Eindringens in die Materiestruktur. Insofern haben zwar die Theoretiker Recht, die den Unterschied zwischen dem mathematischen und dem physikalischen Raum betonen, zugleich ist für uns aber die immer adäquatere Widerspiegelung der objektiv-realen Strukturen in mathematischen Räumen wesentlich. Mathematische Theorien können sich zwar unabhängig von der Physik und anderen Wissenschaften entwickeln, wie sie auch als mathematische Lösungen wissenschaftlicher und praktischer Probleme entstehen können, entscheidend für den materialistischen Philosophen ist aber der Widerspiegelungscharakter mathematischer Theorien, der sich bei der Interpretation erweist. Die Forderung nach neuen mathematischen Theorien ist deshalb auch die Forderung nach neuen theoretischen Möglichkeiten zur Erfassung der Materiestruktur in mathematisch formulierten wissenschaftlichen Theorien. Daraus ergibt sich der heuristische Wert der Mathematik. Da neue Denkmöglichkeiten nicht nur zu solchen Theorien führen, die die Wirklichkeit adäquater erfassen lassen, sondern auch noch nicht interpretierte Beziehungen aufweisen, ist die Suche nach dem objektiv-realen Inhalt bestimmter mathematischer Formen von der mathematischen Theorie, die zur Darstellung bekannter physikalischer Sachverhalte benutzt wird, ausgelöst worden. Ohne die Beachtung logischer und innermathematischer Kriterien beim Aufbau der Theorie könnte die Mathematik diese Rolle nicht spielen. Neue Denkmöglichkeiten werden gefunden, man löst sich von bisherigen Vorstellungen über existierende Objekte mit bestimmten Eigenschaften und betrachtet mögliche Beziehungen zwischen abstrakten Objekten. Neben dem Unterschied zwischen den denkmöglichen und den objektiv-realen Strukturen muß deshalb auch die Beziehung zwischen beiden beachtet werden, die in folgenden Punkten ausgedrückt werden kann:

Erstens gestatten es die abstrakten Räume der Mathematik, physikalische Meßergebnisse zu formulieren und so zu einem System von Aussagen zu kommen, die in ihren Folgerungen überprüft werden können und Beschreibungen von Beobachtungen durch wesentliche funktionale qualitative und quantitative Abhängigkeiten ersetzen (Darstellungsfunktion der Mathematik).

Zweitens ergeben sich bei der Überprüfung der Folgerungen nichtinterpretierte mathematische Objekte und Beziehungen, die entweder auf die Unzulänglichkeiten des mathematischen Formalismus für die entsprechende physikalische Theorie verweisen, was noch die Darstellungsfunktion betreffen würde, da die mathematische Theorie durch eine andere zur besseren Darstellung ersetzt werden muß, oder auf erst noch zu findende physikalische Objekte und Beziehungen hinweisen. Wie schwierig es ist, beides auseinanderzuhalten, zeigt das Beispiel E. Schrödingers, der seine zeitabhängige Gleichung nicht mit den Experimenten in Einklang bringen konnte, sie ein halbes Jahr liegen ließ und mit der zeit-[42]unabhängigen Gleichung arbeitete, während dann die Entdeckung des Spins die Richtigkeit seiner zeitabhängigen Gleichung nachwies. Um die heuristische Funktion der Mathematik zu erkennen, um die es sich immer dann handelt, wenn mathematischen Objekten und Beziehungen erst noch eine physikalische Interpretation gegeben werden muß, bedarf es umfangreicher Arbeiten, Diskussionen und eines gewissen Spürsinn des Theoretikers, der Hinweise für Experimente geben muß.

Drittens sind die mathematisch abstrakten Räume Widerspiegelungen der objektiv-realen Strukturen, wenn sie mit physikalischem Inhalt erfüllt werden. Die Darstellungs- und die heuristische Funktion der Mathematik finden deshalb ihre Vereinigung in der Widerspiegelungsfunktion. Dienen abstrakte Räume zur Darstellung von objektiv-realen Beziehungen, die sich aus Meßergebnissen ergeben, und erweisen sich bestimmte mathematische Objekte und Beziehungen dann als theoretische Voraussage von zu entdeckenden objektiven Prozessen, dann kann man diesen mathematischen Raum als Widerspiegelung der objektiv-realen Struktur fassen. Objektiver Raum und objektive Struktur sind in diesem Sinne vom mathematischen Raum in der Erkenntnis nicht zu trennen. Objektiver Raum und objektive Struktur existieren vor dem mathematischen Raum, auch wenn sie noch nicht erkannt sind.

Der mathematische Raum, der vom Menschen erdacht wurde, bringt die Schöpferkraft des menschlichen Bewußtseins zum Ausdruck, das sich mögliche Beziehungen erdenkt, die zur Darstellung gefundener und noch zu findender Strukturen geeignet sind.

Viertens entwickelt sich unsere Kenntnis über die objektiv-realen Strukturen in zweifacher Hinsicht. Einerseits erhalten wir aus den Experimenten neue Meßdaten, die es zu deuten gilt. Dazu brauchen wir die mathematischen Räume. Andererseits werden durch die Mathematik neue Denkmöglichkeiten erforscht, um bessere Voraussetzungen für die Widerspiegelung komplizierter objektiver Sachverhalte in mathematischen Räumen zu gewinnen. Dieser Erkenntnisprozeß begann mit allgemeinen Raumvorstellungen in der Philosophie und hatte seinen ersten Höhepunkt in der Aufstellung der Euklidischen Geometrie. Als Raumvorstellung diente sie lange Zeit zur Darstellung physikalischer Prozesse, wobei der Raum als absolut existierend angesehen wurde. Die Kritik dieser Auffassung und der Nachweis, daß Raum und Zeit Existenzformen der Materie sind, verlangten noch nicht die Beseitigung allgemeiner Eigenschaften der Raum-Zeit, wie die Größer- und Kleiner-Beziehung, das Neben- und Nacheinander usw. In der Elementarteilchenphysik zeigt sich jedoch schon die Schwierigkeit, Elementarteilchen räumlich zu teilen. Hier kann vorerst nicht bestimmt werden, was „räumlich kleiner“ bedeuten soll, wohl aber kann die Teilung von Quantenzahlen vorgenommen werden. Im Quarkmodell wird beispielsweise die Elementarladung geteilt. Der Raum erweist sich hier im eigentlichen Sinne als Struktur materieller Prozesse, für die die allgemeinen Charakteristika entweder zu abstrakt [43] sind oder nicht mehr bestimmt werden können. Insofern kann man dazu kommen, den Raum als Nebeneinander materieller Prozesse zu betrachten, wie das viele Philosophen taten, aber man darf nicht dabei stehenbleiben, sondern muß dieses Nebeneinander inhaltlich durch die Aufdeckung der Gesetze und Beziehungen materieller Prozesse bestimmen. Dann erweist sich aber auch der objektiv-reale Raum als Struktur der materiellen Prozesse, wobei unter bestimmten Bedingungen Entfernungen, Bereiche und Bahnkurven bestimmt werden können. In diesem Sinne nähert sich unsere philosophische Raumauffassung der Allgemeinheit topologischer Räume, die zur Darstellung physikalischer Sachverhalte mit bestimmten Eigenschaften identifiziert werden müssen.

3.2. Zeitrichtung und Irreversibilität

Insofern der Zeitbegriff die reine Dauer als Größe ausdrückt, ist damit noch nichts über die Richtung der Zeit ausgesagt. Die Zeit als Existenzform der Materie wird durch die materiellen Veränderungen determiniert. Sie müssen so erkannt sein, daß Aussagen über die Zeitrichtung möglich sind. Da schon auf die Eigenzeit verwiesen wurde, kann es sich bei der Zeitrichtung nicht um eine ablaufende einseitig gerichtete absolute Weltzeit handeln, an der alle Eigenzeiten zu messen wären. Einerseits müssen wir das Kausalprinzip beachten. So können Wirkungen von bestimmten Ursachen diesen Ursachen nicht zeitlich vorausgehen. Andererseits ist die Wiederholung gleicher Zustände oder die Rückkehr zum Ausgangszustand zu beachten. Mit der Frage nach der Zeitrichtung ist, unter Berücksichtigung objektiver Determinationen, das Verhältnis von Irreversibilität und Reversibilität von Vorgängen verbunden. Irreversible Vorgänge lassen eine Zeitrichtung als inhaltliche Gerichtetheit von Prozessen bestimmen.

Reversibel ist ein Vorgang in einem System dann, wenn alle Veränderungen, die während seines Ablaufs im System und in seiner Umgebung entstanden, dadurch vollständig verschwinden, daß der Vorgang genau in der umgekehrten Richtung abläuft. Bei einem *irreversiblen* Vorgang stellt sich der Ausgangszustand nicht vollständig wieder her. Wenn wir die Unerschöpflichkeit objektivrealer Beziehungen berücksichtigen, die sich im zufälligen individuellen Verhalten ausdrückt, dann wird nahegelegt, die Existenz elementarer irreversibler Prozesse anzunehmen. Ihr Zusammenhang wird erkannt, indem wir die allgemeinnotwendigen, das heißt reproduzierbaren Seiten eines Vorganges hervorheben. Wir beschreiben nicht die irreversiblen Prozesse, sondern nutzen die Existenz allgemein-[44]notwendiger und wesentlicher Zusammenhänge zur Erkenntnis von Gesetzen irreversibler Vorgänge.

Diese Gesetze sind in ihrer mathematischen Formulierung kovariant gegenüber Zeitumkehr. Die objektive Dialektik von Reversibilität und Irreversibilität zeigt sich jedoch in verschiedenen Formen, in Abhängigkeit vom Charakter der Veränderungen. Bewegung ist Veränderung überhaupt. Sie umfaßt

sowohl prozessuale Strukturzusammenhänge als auch Prozesse, die zu neuen Qualitäten führen, sowie das Entstehen höherer Qualitäten in einem Entwicklungszyklus, in dem Entwicklungskriterien die höhere Qualität als qualitativ bessere und quantitativ umfangreichere Erfüllung der Funktion der Ausgangsqualität ausweisen. Die Irreversibilität zeigt sich also nicht nur in der Individualität von Objekten in ihren Veränderungen, sondern auch im Entstehen neuer und in der Entwicklung höherer Qualitäten. Die Wissenschaft befaßt sich dabei stets mit der typischen und nicht mit der im Einzelfall konkreten Individualität. Mit der Untersuchung von Struktur-, Prozeß- und Entwicklungsgesetzen wird diese Irreversibilität in ihren reversiblen Aspekten so erfaßt, daß Voraussagen für die Zukunft möglich sind.

Die Irreversibilität (Individualität) von Elementarprozessen kann im Elementarteilchenbereich, in der klassischen Mechanik usw. bei der Erkenntnis der Gesetze vernachlässigt werden. Die Durchbrechung von Erhaltungssätzen bei schwachen Wechselwirkungen zeigt die Schwierigkeit, nur die Symmetrie zu berücksichtigen. Mit der theoretischen Erfassung irreversibler Prozesse ergibt sich die Möglichkeit theoretischer Erfassung der biologischen Evolution und der Untersuchung der Strukturbildung von irreversiblen Prozessen, die vom Standpunkt der Symmetrie physikalischer Gesetze bei Zeitumkehr nicht vorhanden wäre. Wenn also die elementare Irreversibilität in der Erkenntnis von Gesetzen, die invariant gegenüber Zeitumkehr sind, vernachlässigt werden kann, so taucht die Irreversibilität bei der Durchbrechung der Symmetrie wieder auf, was zur Erkenntnis umfassender Systemgesetze und zur theoretischen Möglichkeit des Entstehens von Neuem führt. Die Gesetze für die irreversible Veränderung von Systemen erklären jedoch noch nicht die Entwicklung höherer Qualitäten, die im Vergleich mit der Ausgangsqualität, gemessen an spezifischen Entwicklungskriterien, die Funktion der Ausgangsqualität qualitativ besser und quantitativ umfangreicher erfüllen. Irreversibilität tritt bei elementaren Prozessen auf, die in reversiblen Theorien erfaßt werden. Damit reproduziert sich für die Erkenntnis das Verhältnis von Irreversibilität und Reversibilität als Erscheinungsform des Verhältnisses von Gesetz und Zufall auf verschiedenen Ebenen. Deshalb ist es wichtig, verschiedene Ordnungen der Irreversibilität zu unterscheiden.

Irreversibilität erster Ordnung zeigt sich in der Durchbrechung von Symmetrien, die in umfassenderen Symmetrien aufgehoben wird. *Irreversibilität zweiter* [45] *Ordnung* ist das bedingt zufällige Entstehen von neuen Strukturen, das in der Theorie dissipativer Strukturen untersucht wird. *Irreversibilität dritter Ordnung* ist das Entstehen qualitativ neuer Systeme und neuer Eigenschaften, wie z. B. Sensibilität, Vermehrungsfähigkeit usw., in der biologischen Evolution. *Irreversibilität vierter Ordnung* ist die Entwicklung von Systemen mit höheren Qualitäten gegenüber der Ausgangsqualität, die sich durch Eigenschaften wie Sensibilität usw. auszeichnen.

Die irreversiblen Veränderungen in der Zeit definieren eine Zeitrichtung für die Systeme, in denen diese Veränderungen vor sich gehen. Da Systeme nicht isoliert voneinander existieren, beziehen sich die gerichteten Eigenzeiten von Teilsystemen auf die in umfassenderen Systemen existierende Zeitrichtung. Das führt dazu, von zwei Aspekten der Historizität von Systemen zu sprechen, von den irreversiblen Veränderungen in der Zeit und von der Existenz einer Richtung von der Vergangenheit in die Zukunft. Dabei könnte der zweite Aspekt im Sinne einer gerichteten absoluten Zeit verstanden werden, die jedoch nicht existiert. Sie wäre die Verabsolutierung der Zeitrichtung eines umfassenden Systems. Damit würde die Zeit nicht mehr als Existenzform der Materie begriffen. Eben weil die Irreversibilität nicht nur in elementaren Prozessen existiert, sondern auch im Kosmos, im Entstehen neuer und in der Entwicklung höherer Qualitäten, ist die Zeitrichtung konkret ausweisbar. Damit sind aber objektive Gesetze nicht nur reproduzierbare reversible Seiten irreversibler Elementarprozesse. Entwicklungsgesetze bestimmen reproduzierbare Prozesse, die zu irreversiblen neuen und höheren Qualitäten führen. Es wird das gesetzmäßige Entstehen neuer Qualitäten untersucht, die sich in der Evolution herausbilden und ihren Entstehungsprozeß nicht wieder rückläufig durchmachen. Sie sind die Grundlage für die Entwicklung höherer Qualitäten. Gesetzeserkenntnis und historisch-beschreibende Erkenntnis sind damit nicht zwei Erkenntnisweisen, deren eine nur in Bereichen möglich ist, in denen von der Zeit abstrahiert werden kann, und deren andere Anwendung findet, wenn es um die Historizität von Systemen geht. Die materielle Bewegung wird in allen ihren gesetzmäßigen Aspekten untersucht, als Struktur, Prozeß und Entwicklung. Dabei wird von der Irreversibilität der

Elementarprozesse als Grundlage der Zeitrichtung abstrahiert. Da Irreversibilität sich aber auch in der Qualitätsänderung manifestiert, wird die dadurch bestimmte Zeitrichtung des umfassenderen Systems als Maßstab für die Veränderung der Teilsysteme genommen, um Vergangenheit und Zukunft zu bestimmen. Sicher ist es notwendig, das Verhältnis von Zeit und Bewegung durch die differenzierte Betrachtung der Dialektik von Reversibilität und Irreversibilität noch genauer zu untersuchen. Aber es zeigt sich auch hier der innere Zusammenhang von Zeit (Dauer) und Bewegung (Veränderung überhaupt), wobei jede materielle Bewegung in ihren elementaren inneren und globalen äußeren Raumstrukturen begriffen werden muß. [46]

4. Vom mechanischen zum dialektischen Determinismus

Determinismus- und Entwicklungsprinzip sind wesentlicher Bestandteil der materialistischen Dialektik und durchdringen sich gegenseitig. Ihre relative Selbständigkeit besteht darin, daß im dialektischen Determinismus die Bedingtheit (Kausalität) und Bestimmtheit (Gesetz) der Objekte und Prozesse analysiert wird, während die dialektisch-materialistische Entwicklungstheorie Form (Qualitätsänderung), Quelle (dialektische Widersprüche) und Richtung der Entwicklung (Negation der Negation) untersucht. Wesentliche Beiträge zur Determinismuskussion lieferte die Physik, während Kosmologie und Biologie tiefere Einsichten in die Entwicklungsproblematik vermittelten.

4.1. Kausalität und Gesetz

Für den mechanischen Determinismus gibt es keinen Unterschied zwischen Kausalität und Gesetz. Selbst die durch Aristoteles begründete Unterscheidung der verschiedenen Ursachen, der *causa materialis*, *causa efficiens*, *causa formalis* und *causa finalis*, spielte keine Rolle. Entscheidend für die Untersuchung des physikalischen Geschehens war die *causa efficiens*, die aber nicht im eigentlichen Sinne eine hervorbringende Ursache war, sondern nur als vorhergehender Zustand auftrat, der den gegenwärtigen Zustand bestimmte. Mit dem Hamilton-Formalismus war die mathematische Form für diese philosophische Auffassung vom physikalischen Geschehen gegeben. Durch die Angabe der Orte q_1 und der Impulse p_1 zum Zeitpunkt t_1 konnten die späteren q_x und p_x zu jedem Zeitpunkt t_x berechnet werden. Nimmt man nun die Zustandsbestimmungen der klassischen Physik, die in der Massenpunktmechanik jeden Körper durch seine Lagen und Impulse charakterisierte, nicht nur als berechnete physikalische Idealisierung, sondern als philosophische Bestimmung aller Zustände überhaupt, dann ist der Zufall aus der Betrachtung ausgeschaltet, und jedes zukünftige Geschehen erscheint als durch die gegenwärtigen Zustände vorherbestimmt. Die philosophische Position bestand also darin, daß der Ablauf des physikalischen Geschehens identisch war mit vorausbestimmtem Zustandswechsel. Kausalität war identisch mit dem Gesetz und charakterisierte den Übergang von einem raumzeitlichen Zustand in den anderen.

Obwohl Kant neben der Kausalität nach Naturgesetzen noch die Kausalität durch Freiheit annahm und den Zweck berücksichtigte, wirkte er vor allem auf viele Naturwissenschaftler durch seine Analyse der Naturkausalität als notwendige Verbindung zwischen Ursache und Wirkung, die er als Denknötwendigkeit [47] charakterisierte. Damit kam er dem Bestreben der Naturwissenschaftler entgegen, eine philosophische Begründung für das Kausalprinzip zu geben, das nicht induktiv aus einzelnen Naturerkenntnissen gefolgert werden kann. Sicher ist die Anerkennung der objektiven Kausalität Voraussetzung für wissenschaftliche Erkenntnis, wie viele Naturwissenschaftler formulierten, aber das, was hier als denknötwendig bezeichnet wird, ist das Ergebnis milliardenfach wiederholter Erfahrung. Diese besagt, daß Wirkungen verursacht sind und selbst wieder als Ursachen anderer Wirkungen auftreten. Es geht also um den materialistischen Grundgedanken, daß der objektive Zusammenhang nirgends durchbrochen ist, daß es keine absoluten Zufälle, ursachelosen Vorgänge oder Wunder gibt. Diese Auffassung von der Kausalität präziserte Kant durch spezifische Merkmale, die er aus den berechtigten Idealisierungen der klassischen Physik ableitete. Dazu gehört die Regelmäßigkeit des Geschehens, die sich mit Notwendigkeit vollzieht. Nach Kant ist mit der Ursache die Notwendigkeit bereits mitgedacht.

Die Auffassung vom determinierten Einzelgeschehen so verstanden, als ob eine bestimmte isolierbare Ursache für den Zerfall jedes einzelnen Uranatoms existiere, würde die physikalische Forschung

einseitig auf die Suche nach verborgenen Parametern orientieren. Nicht um die Aufdeckung einfacher Kausalketten für Einzelereignisse aber geht es in der Wissenschaft, sondern um Gesetze. Das verweist auf die notwendige begriffliche Unterscheidung zwischen Kausalität und Gesetz und fordert vor allem die Untersuchung der Dialektik von Notwendigkeit und Zufall, die bei Kant keine wesentliche Rolle spielte, wohl aber bei Hegel. Dieser untersuchte die Beziehungen der Zufälligkeit zur Möglichkeit und Wirklichkeit, zum Grund und zur Notwendigkeit. Für ihn war das Gesetz die wesentliche Erscheinung. Damit wurden verschiedene Formen des Zusammenhangs untersucht und ihre inneren Beziehungen aufgedeckt.

Durch den mechanischen Determinismus war der Eindruck erweckt worden, als ob die klassische Mechanik beliebige Vorgänge in ihrem Ablauf eindeutig bestimmen könne. Dabei wurde vorausgesetzt, daß die beobachteten makrophysikalischen Objekte, seien es Steine, Billardkugeln oder Sterne, in ihrem Zustand durch Lage und Impuls zu einem bestimmten Zeitpunkt bestimmt werden können. Aus dem Zustand $Z_1(p_1, q_1, t_1)$ ergibt sich mit Notwendigkeit, ausgedrückt in den partiellen Differentialgleichungen des Hamilton- oder Lagrangeformalismus, der Zustand $Z_2(p_2, q_2, t_2)$. Was aus der idealisierten Beschreibung realer Sachverhalte gewonnen wurde, wurde bei Kant zur Denknotwendigkeit und im mechanischen Determinismus zur universellen Gesetzmäßigkeit verabsolutiert. Die Differentialgleichungen erschienen generell als Ausdruck der Kausalität.

Danach wäre philosophisch gesehen ein *dynamisches Gesetz* dadurch bestimmt, daß für einen Körper in einem bestimmten Zustand Z_1 genau eine Möglichkeit existiert, die er notwendig verwirklichen muß. Die in Variationsprinzipien vor-[48]gesehenen verschiedenen Möglichkeiten haben nur fiktiven Charakter. Die wirkliche Bewegung wird durch eine Extremale beschrieben. Die Variationsprinzipien der klassischen Mechanik, die oft teleologisch im Sinne einer *causa finalis* verstanden wurden, konnten auf Differentialgleichungen zurückgeführt werden, die mechanisch-deterministisch als *causa efficiens* deutbar waren, was sich gegen die Teleologie richtete. Dieser Aspekt der Kausalitätsauffassung brachte dann Probleme bei der Interpretation der Quantentheorie mit sich. Nach ihr müßte in einer physikalischen Theorie eine kausale Beschreibung für das Einzelobjekt vorliegen, was aber in der Quantentheorie tatsächlich nicht der Fall ist.

Die Körper werden in der klassischen Mechanik als Massenpunkte erfaßt und durch ihre Ortsveränderungen beschrieben. Diese mit so großem Erfolg praktizierte Bewegungsauffassung enthält jedoch einige Idealisierungen. So ist der Körper nur idealisiert als Einzelobjekt zu betrachten. In Wirklichkeit ist er ein kompliziertes System von Mikroelementen mit ihren Beziehungen. Unter bestimmten Bedingungen kann von dieser inneren Struktur abgesehen werden und der Zustand des Körpers durch die Lage des Massenmittelpunktes bestimmt werden. Damit wird auch von der Dialektik der Beziehungen zwischen System und Element abstrahiert. Außerdem werden die anderen Unterscheidungsmerkmale der Körper als unwesentlich beiseite gelassen. Der Unterschied wird auf den Ort reduziert.

Die Individualisierbarkeit enthält also eine Reihe von Voraussetzungen, die für den Makrokörper näherungsweise zutrafen. Ausgeschlossen von dieser Bestimmung waren Wellen, die miteinander interferieren konnten. Sie wurden mit der Wellenmechanik erfaßt. Diese Trennung von Korpuskel und Wellenvorstellung erwies sich theoretisch als problematisch, als an einheitlichen Objekten gleichzeitig objektive Wellen- und Korpuskeleigenschaften erkannt wurden. Wesentlicher Gegenstand der Forschung war bis dahin das idealisierte isolierte individuelle Objekt, für das Gesetze der Zustandsänderung gefunden wurden. Philosophisch verabsolutiert hatte man aus dieser wichtigen Näherung an die objektive Dialektik der Bewegung geschlossen, daß jede Veränderung auf die Ortsveränderung qualitativ identischer kleinster Teilchen zurückzuführen sei, die ununterscheidbar voneinander existieren. Damit wurde aber jeder weitere Erkenntnisfortschritt an die bisherige Objektvorstellung gebunden und die berechnete Idealisierung bei der Beschreibung makrophysikalischer Körper unzulässig verabsolutiert.

Die Entwicklung der Statistik konnte von diesem Standpunkt aus nicht als ein tieferes Eindringen in die Dialektik von System und Element angesehen werden; sie wurde vielmehr als ein Hilfsmittel betrachtet, komplizierte Erscheinungen mit vielen Freiheitsgraden theoretisch zu erfassen. Der Sinn

wissenschaftlicher Untersuchungen sollte darin bestehen, die Elementarreaktionen dieser Systeme auf klassisch-mechanische Weise zu beschreiben.

Auf der Grundlage des weiteren Eindringens der physikalischen Erkenntnisse [49] in das Wesen der Bewegungen der quantenphysikalischen Elemente makrophysikalischer Systeme ergibt sich die philosophische Definition des statistischen Gesetzes, die die Beziehungen zwischen Systemgesetzen und Elementverhalten zum Ausdruck bringt: Ein *statistisches Gesetz* ist ein allgemein notwendiger, das heißt reproduzierbarer und wesentlicher, das heißt den Charakter der Erscheinung bestimmender Zusammenhang, wobei die existierende Systemmöglichkeit notwendig verwirklicht wird (dynamischer Aspekt), für die Verwirklichung der Elementmöglichkeiten ergibt eine stochastische Verteilung der Wahrscheinlichkeiten (stochastischer Aspekt), und für ein Element existiert eine Wahrscheinlichkeit für die Verwirklichung einer bestimmten Möglichkeit (probabilistischer Aspekt). Die Verwirklichung der Elementmöglichkeiten erfolgt also zufällig, aber mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit. Der mechanische Determinismus hat den dynamischen Aspekt des statistischen Gesetzes verabsolutiert und ihn mit der Kausalität identifiziert. Er hat den Systemcharakter der makrophysikalischen Objekte nicht beachtet und den Zufall negiert. Die philosophische Definition des statistischen Gesetzes zeigt die Dialektik von System und Element in einem neuen Licht. Durch sie ist die notwendige Verwirklichung der Systemmöglichkeiten mit der zufälligen Verwirklichung von Elementmöglichkeiten verbunden, die jedoch in den quantitativ bestimmten statistischen Gesetzen, mit denen wir es bei Gesetzen vom Typ der Schrödingergleichung zu tun haben, nach einer stochastischen Verteilung der Wahrscheinlichkeit erfolgt. Damit erweist sich die Auffassung als einseitig, das Neue an der Statistik sei ihre theoretische Aufbereitung von Massenerscheinungen. Statistische Gesetze enthalten Wahrscheinlichkeitsaussagen für das Elementverhalten, und ihr dynamischer Aspekt bezieht sich auf ein relativ isoliertes System. Man darf deshalb nicht einzelne Aspekte des statistischen Gesetzes aus dem Zusammenhang mit den anderen herausreißen. So sind stochastische Verteilungen philosophisch betrachtet noch nicht das ganze statistische Gesetz. Letzteres fordert die Erkenntnis der notwendig sich verwirklichenden Systemmöglichkeiten, die sich in den stochastischen Verteilungen durchsetzt. Wird dagegen die Angabe der Halbwertszeit für Uran als statistisches Gesetz bezeichnet, so ist das ein potentiell statistisches Gesetz. Es gibt nur eine Möglichkeit für das Verhalten eines Uranklumpens beim Zerfall an, also den dynamischen Aspekt. Ein statistisches Gesetz ist diese Angabe deshalb, weil wir wissen, daß keine Gleichverteilung der Wahrscheinlichkeiten für den Zerfall der Atome dieses Klumpens vorliegt. Die Angabe der Zerfallswahrscheinlichkeit für jedes einzelne Atom und die sich daraus ergebende Halbwertszeit machen das potentiell statistische Gesetz zu einem quantitativ bestimmten statistischen Gesetz.

Das philosophisch definierte statistische Gesetz charakterisiert unser tieferes Eindringen in die objektive Gesetzesstruktur, die komplizierter ist, als es der mechanische Determinismus annahm. Daraus ergibt sich aber auch die Notwendigkeit, die Beziehungen der Kategorien Kausalität und Gesetz zueinander zu überprüfen. *Kausalität* ist die direkte, konkrete und fundamentale Vermittlung des Zusammenhangs von Objekten und Prozessen mit anderen, wobei Objekte und Prozesse (Ursachen) andere hervorbringen (Wirkungen). Gesetze existieren dann als objektive Formen des Zusammenhangs in Komplexen von Kausalbeziehungen.

Wenn wir deshalb ein Kausalverhältnis aus dem objektiven Zusammenhang herausgreifen und Ursache und Wirkung bestimmen, müßten wir immer von „Anfangs“ursache und „End“wirkung sprechen, weil das zu analysierende Kausalverhältnis aus einem Komplex von Kausalbeziehungen herausgelöst wurde. Dabei geht es hier nicht um den Begriff der Ursache im Sinne von wesentlichem Grund. So kann man nicht davon sprechen, daß die Ursache für eine bestimmte Fallzeit eines Körpers das Fallgesetz $s = \frac{g}{2} t^2$ sei. Sonst würden Kausalität“ und „Gesetz“ identifiziert. Wohl aber kann das Gesetz als wesentlicher Grund für das bestimmte Verhalten frei fallender Körper gelten. Insofern geben Gesetze (wesentliche Gründe) im Determinismus die Bestimmtheit der Objekte und Prozesse im objektiven Zusammenhang an. Beim Aufdecken von Ursachen geht es um die Vorgänge, die direkt und konkret die „End“wirkung als den zu analysierenden Prozeß hervorbrachten. Eben diese Ursachen sind für die emittierten Teilchen beim Radiumzerfall nicht genau anzugeben. Wer nun die Forderung

stellt, man müsse die „Anfangs“ursachen für diese „End“wirkung finden, gerät leicht in die Gefahr, eine kausale Ergänzung der Quantentheorie zu fordern.

Die dem dialektischen Determinismus eigene Anerkennung des Kausalgesetzes (Kausalprinzips) ist nicht mit der mechanisch-deterministischen Fassung des Kausalverhältnisses zu verwechseln, nach der eine bestimmte Ursache notwendig eine bestimmte Wirkung hervorbringt. Das Kausalgesetz besagt, daß der objektive Zusammenhang nirgends durchbrochen ist und insofern auch zeitlich vorangehende Prozesse als Ursachen für die von ihnen in Gang gesetzten Prozesse existieren. Dabei gibt es wesentliche und unwesentliche, notwendige und zufällige, allgemeine und besondere Beziehungen.

Die Ursache für einen nicht brechenden Schuß kann die Feuchtigkeit des Pulvers sein. Bis zu einem gewissen Grade ist jedoch die Feuchtigkeit in der Umgebung der Patrone unwesentlich, solange sie nicht einen bestimmten Grad erreicht, der sie zur Ursache für das Nichtbrechen des Schusses werden läßt. Die Beziehung zwischen Feuchtigkeit und Pulver ist aber nur eine in dem gesamten Komplex von Kausalbeziehungen, der vom Durchziehen des Gewehrabzugs bis zum Brechen des Schusses reicht. Die „Anfangs“ursache, nämlich das Durchziehen des Gewehrabzugs, führt nur zur „End“wirkung, dem Brechen des Schusses, wenn alle weiteren direkten und konkreten Vermittlungen des [51] Zusammenhangs zwischen den verschiedenen Elementen dieses Systems in vorgesehener Weise existieren. Ist das nicht der Fall, dann bringt zwar eine bestimmte Ursache nicht notwendig eine bestimmte Wirkung hervor, aber das Kausalgesetz wird dadurch nicht aufgehoben. Auch das Nichteintreffen der vorgesehenen „End“wirkung hat eine wesentliche Ursache, die es zu finden gilt.

Dabei erfolgt der Bau des Gewehres und die Erwartung einer bestimmten „End“wirkung auf der Grundlage erkannter objektiver Gesetze. *Gesetze* sind allgemein-notwendige, das heißt reproduzierbare und wesentliche, das heißt den Charakter der Erscheinungen bestimmende Zusammenhänge zwischen Objekten und Prozessen. Die Wissenschaft untersucht die objektiven Gesetze und faßt ihren inneren Zusammenhang in Theorien als Systemen von formulierten Gesetzen. Die Kenntnis der Gesetze ermöglicht das Aufdecken wesentlicher Ursachen. Wären keine Gesetze bekannt, oder noch mehr, existierten keine objektiven Systemgesetze, dann gäbe es keine Unterscheidung zwischen wesentlichen und unwesentlichen, notwendigen und zufälligen Ursachen und Wirkungen. Wesentliche Unterscheidungsmerkmale zwischen *Kausalität* und *Gesetz* sind also:

Erstens ist die Kausalität die direkte Vermittlung des Die Erkenntnis der Kausalität erfordert deshalb das immer tiefere Eindringen in die Materiestruktur, die Aufdeckung immer elementarerer Mechanismen, weshalb wir sie auch als fundamentale Form des Zusammenhangs bezeichnet haben. Wenn wir die Erkenntnis von der Unerschöpflichkeit der materiellen Objekte und Beziehungen berücksichtigen, dann ist die Suche nach den fundamentalen Strukturen nie beendet. Insofern ist die Hervorhebung der direkten und fundamentalen Zusammenhänge zwischen Objekten und Prozessen nicht mit der Forderung verbunden, sie immer isoliert darzustellen. Das würde zur Verabsolutierung der Kausalität führen und die objektiv existierende Wechselwirkung zwischen den unerschöpflich vielen Objekten und Prozessen vernachlässigen. Die Suche nach der Kausalität führt zum Gesetz. Nicht die direkte und fundamentale Vermittlung des Zusammenhangs wird untersucht, sondern die zwischen Anfangs- und Endursache, zwischen koexistierenden Objekten und Prozessen vorhandene allgemein-notwendige und wesentliche Beziehung. Nicht der Stein, der die Scheibe zerschlägt, nicht der Körper, der im annähernden Vakuum fällt, ist Gegenstand vollständiger Beschreibung seiner kausalen Beziehungen, soweit sie überhaupt erkennbar sind, sondern die hinter diesen zufälligen Ereignissen stekenden reproduzierbaren wesentlichen Beziehungen.

Deshalb ist *zweitens* die Kausalität die konkrete, das heißt undifferenziert nach wesentlichen und unwesentlichen, notwendigen und zufälligen Zusammenhängen, Vermittlung des Zusammenhangs zwischen ganz bestimmten Objekten und Prozessen, während das Gesetz die allgemein-notwendigen und wesentlichen Beziehungen umfaßt. Während die Kausalität auf bestimmte Objekte in ihrer [52] konkreten Existenz bezogen ist, stellt das Gesetz die Verbindung zwischen möglichen und wirklichen Prozessen her.

Drittens ist die Kausalität asymmetrisch, zeitlich gerichtet. In der Kausalität unterscheiden sich Vergangenheit und Zukunft. Zwar trennen wir nur in der Abstraktion „Anfangs“ursache und „End“wirkung; denn die direkte Vermittlung des Zusammenhangs besagt, daß mit der Existenz der Ursachen die Wirkungen schon zu existieren beginnen. Aber es gibt hier eine inhaltliche und zeitliche Gerichtetheit, die deutlich wird, wenn das einzelne Kausalverhältnis mit seiner Vorgeschichte und seinen Auswirkungen verbunden wird. Von dieser Asymmetrie wird im Gesetz abstrahiert. In ihm geht es nicht mehr um die direkte und konkrete Asymmetrie bestimmter Prozesse, wohl aber enthalten Bewegungsgesetze und Evolutionsgesetze Zeitabhängigkeiten.

Durch die Differenzierung von Kausalität und Gesetz und die Untersuchung verschiedener Formen des Zusammenhangs, wie die Durchsetzung der Notwendigkeit im Zufall, der Verwirklichung von Möglichkeiten, kommt der dialektische Determinismus zu einer dialektisch-materialistischen Systemauffassung, die wesentlich für das Verständnis von objektiven Zusammenhängen, qualitativen Veränderungen und Entwicklungsprozessen ist.

4.2. Systemgesetze, Struktur und Funktion

Die Annahme von der Existenz objektiv existierender relativ stabiler Systeme ist eine wichtige Voraussetzung der Erkenntnis. In einem Chaos, einer in sich verflochtenen Gesamtheit unerschöpflicher objektiver Wechselwirkungen, von denen keine sich auszeichnet, würde Erkenntnis unmöglich sein, da jede Teilerkenntnis nur gewonnen werden könnte, wenn die Gesamtheit bereits erkannt wäre.

Der mechanische Determinismus näherte sich mit seiner Auffassung, daß alle Beziehungen notwendig sind, in gewisser Weise dieser Gedankenkonstruktion. Nach ihm müßte die Erkenntnis eines Objekts oder eines Prozesses mit der Aufdeckung aller seiner inneren und äußeren Zusammenhänge verbunden werden. Der mechanische Determinismus arbeitete mit einer Zustands- und Gesetzesauffassung, nach der alle Systeme aus letzten unteilbaren Teilchen aufgebaut sind, deren Elementarreaktionen nach Kenntnis des Anfangszustandes mit Hilfe des Lagrange- oder Hamiltonformalismus eindeutig vorausgesagt werden können. Die Erkenntnisse der Wissenschaften haben diese vereinfachte Auffassung von den objektiv-realen Systemen widerlegt. Die Entwicklung unserer Systemauffassung zeigt, wie wir tiefer die Existenzweise objektiv-realer Gegenstände in der Dialektik von System und Element begreifen.

[53] Ein objektiv-reales *System* ist eine relativ stabile Gesamtheit von Elementen und Beziehungen, die durch die Existenz bestimmter Gesetze, das heißt allgemein-notwendiger und wesentlicher Zusammenhänge, charakterisiert ist. Diese Systemgesetze bestimmen die wesentliche Verhaltensweise des Systems. Sie geben den Rahmen für das Verhalten der Elemente. Die Elemente sind relativ unteilbare Bestandteile des Systems, die nicht an-sich existieren, sondern sich aufeinander beziehen, miteinander wechselwirken. Die Frage nach der Strukturiertheit der Elemente ist die Frage nach ihrem Systemcharakter. Durch die aus den Systemgesetzen sich ergebende wesentliche Verhaltensweise unterscheidet sich ein System von anderen, besitzt es eine Grundqualität. So können wir mit Hilfe der erkannten objektiven und der zu ihrer Widerspiegelung konstruierten abstrakten Systeme zwischen inneren, zum System gehörenden, und äußeren, auf das System einwirkenden oder mit ihm koexistierenden Beziehungen unterscheiden. Zugleich kommt die Grundqualität eines Systems auch anderen Systemen zu, wodurch sie einerseits zur Klasse der Systeme mit gleicher Grundqualität gehören, andererseits sich untereinander unterscheiden, was wir als „andere Qualität der gleichen Grundqualität“ bezeichnen wollen. Für Lebewesen ist diese Unterscheidung z. B. durch die genetische Individualität gesichert. Die Struktur eines Systems erfaßt sowohl die Beziehungen, die für die wesentlichen Verhaltensweisen des Systems entscheidend sind, als auch diejenigen, die den Unterschied zu Systemen der gleichen Grundqualität ausmachen. Mit einer solchen Feststellung wird auch gegen die Auffassung polemisiert, daß Gesetz und Struktur identisch seien oder die Struktur nur die invarianten Beziehungen umfasse.

Unter *Struktur eines Systems* wird die Gesamtheit der wesentlichen und unwesentlichen, allgemeinen und besonderen, notwendigen und zufälligen Beziehungen zwischen den Elementen eines Systems in einem bestimmten Zeitintervall verstanden. Die Struktur umfaßt sowohl die Beziehungen, die das

wesentliche Systemverhalten bestimmen, als auch die individuellen Beziehungen, die den Unterschied zwischen Systemen gleicher Grundqualität ausmachen. Wesentlich ist die Frage nach den objektiven Grundlagen für die Bestimmung des Zeitintervalls. Das Zeitintervall ist mit der Existenz der Grundqualität verbunden. Es verweist auf die Entstehung neuer Grundqualitäten und höherer Qualitäten, also auf die Veränderung der wesentlichen Seiten in der Gesamtheit struktureller Beziehungen in der Zeit. Insofern ist auch die Struktur qualitativ zu bestimmen. Es ist stets eine prozessierende Struktur, die jedoch für gleiche Grundqualitäten, wie gleiche Atome, Moleküle, Arten usw., wesentlich gleich ist, aber auch individuelle Besonderheiten aufweist.

Durch diese Bestimmungen von Struktur und System wird bereits der objektiven Dialektik von Identität und Unterschied Rechnung getragen und die mögliche Veränderung und Entwicklung der Systeme, die sich in der Veränderung der Struktur ausdrückt, einbezogen. Dabei bilden Struktur und Funktion eine [54] dialektische Einheit. Die *Funktion eines Systems* ist die durch die Struktur mögliche Verhaltensweise des Systems, die die gesetzmäßige Existenz, Veränderung und Entwicklung des Systems garantiert. Bestimmte Funktionen können durch unterschiedliche Strukturen realisiert werden.

Wichtig für die weitere Untersuchung ist der Charakter der Systemgesetze. In der philosophischen Definition des statistischen Gesetzes wird die Beziehung zwischen Element und System zum Ausdruck gebracht. Berücksichtigen wir die darin erfaßte dialektische Beziehung zwischen der notwendig sich verwirklichenden Möglichkeit für das System unter den notwendigen und hinreichenden Existenzbedingungen erster Ordnung, das heißt denen, die die wesentliche Verhaltensweise des Systems bestimmen, und den mit einer Wahrscheinlichkeit zufällig sich verwirklichenden Möglichkeiten der Elemente unter den Existenzbedingungen zweiter Ordnung, das heißt denen, die die wesentliche Verhaltensweise der Elemente bestimmen, dann ist die wesentliche Verhaltensweise des Systems mit bestimmten Verhaltensweisen (Funktionen) der Elemente verbunden. Jedes objektiv-reale System ist nur relativ abgeschlossen. Dabei geht es hier nicht um die Charakteristik thermodynamisch offener Systeme, die Energie und Stoff mit der Umwelt austauschen. Die Systeme haben Regulationsmechanismen ihres eigenen Verhaltens, die sie mehr oder weniger befähigen, sich an die Umwelt zu adaptieren oder sie zu gestalten. Stoff- und Energieaustausch mit der Umgebung ist dabei Voraussetzung. Der Grad der Geschlossenheit der Regulationsmechanismen ist ein wichtiges Charakteristikum für das Systemverhalten. Er hängt von den Beziehungen zwischen System und Element ebenso ab, wie von den Beziehungen der Systeme untereinander. Da die absolute Isolierung eines Systems unmöglich ist, geht es vor allem darum, den Einfluß äußerer Faktoren auf das wesentliche Systemverhalten zur Grundlage für den Grad der Geschlossenheit zu machen. *Wesentliches Systemverhalten* ist die Gesamtheit möglicher Verhaltensweisen, die das System zu seiner gesetzmäßigen Existenz, Veränderung und Entwicklung realisieren kann. Je größer dieser Einfluß der einzelnen Faktoren auf die wesentliche Verhaltensweise in ihrer Einheit von Struktur und Funktion ist, desto geringer ist der Grad der Geschlossenheit des Regulationsmechanismus. Jeder Mensch, als System erfaßt, hat einen hohen Grad dieser Geschlossenheit, aber er braucht zu seiner Existenz die natürliche und gesellschaftliche Umwelt. Man kann sicher nicht einfach offene und geschlossene Systeme einander entgegensetzen, sondern muß die *Graduierung der Geschlossenheit* berücksichtigen.

Systeme mit hohem Grad der Geschlossenheit sind in ihrer wesentlichen Verhaltensweise entscheidend durch das Elementarverhalten bestimmt. Das wird als *Autonomie* des Systems bezeichnet. Graduierung der Autonomie und der Geschlossenheit sind einander proportional. Während die Geschlossenheit des Regulationsmechanismus im System die geringe Abhängigkeit der Funktionen dieses Systems von anderen Systemen ausdrückt, ist die Autonomie auf das [55] Verhältnis von System und Element bezogen. Sind die Elemente ohne wesentlichen Einfluß auf das notwendige Systemverhalten, dann reduziert sich das statistische Gesetz auf seinen dynamischen Aspekt. Wie das Gesetz vom freien Fall zeigt, ist das für klassische Körper unter den Bedingungen des relativen Vakuums tatsächlich so. Die innere Struktur des Körpers hat keinen Einfluß auf seine wesentliche Verhaltensweise. Hier liegt ein niedriger Grad der Autonomie vor, denn die gleiche wesentliche Verhaltensweise verschiedener Objekte, ausgedrückt im Gesetz vom freien Fall, ist durch die Existenzbedingungen des Gesetzes bestimmt. Je niedriger die Autonomie ist, desto geringer ist der Systemcharakter des

Objekts, desto weniger differenziert sind seine Funktionen. Autonomie ist an eine komplizierte und komplexe Systemstruktur gebunden, in der das Verhalten (die Funktion) der Elemente wesentlich das Systemverhalten bestimmt. Insofern ist die Entwicklung der Organismen mit der Erhöhung des Autonomie- und Geschlossenheitsgrades der Systeme verbunden. Eben deshalb können wir von einem hohen Grad der Geschlossenheit beim Menschen sprechen, weil ein hoher Grad der Autonomie vorliegt. Das ermöglicht es ihm, schneller auf veränderte Umweltbedingungen ohne entscheidende Änderungen der wesentlichen Verhaltensweisen, die man als seine Grundfunktionen bezeichnen kann, zu reagieren. Die Struktur ist bei einem hohen Grad der Autonomie differenzierter. Sie enthält gewisse Ausweichmöglichkeiten für wesentliche und notwendige Funktionen in den unwesentlichen und zufälligen Beziehungen. Das ist deshalb möglich, weil die Funktion nicht nur an eine bestimmte Struktur gebunden ist. Jedoch kann nicht jede beliebige Struktur bestimmte Funktionen erfüllen. Deshalb ist es für die Erkenntnis der Funktionen wichtig, die für sie wesentlichen Strukturelemente zu erkennen. Die Effektivität differenzierter Strukturen für wesentliche Funktionen beruht auf den inneren Reserven in der Struktur.

Bei einem hohen Autonomiegrad ist die Struktur der statistischen Gesetze voll zu berücksichtigen. Kein objektives System ist vollständig auf die Summe seiner isoliert zu untersuchenden Kausalbeziehungen zu reduzieren. Das würde die Unerschöpflichkeit der Materie außer acht lassen und damit den objektiven Zufall leugnen. Die Existenz solcher Formen des Zusammenhangs wie der Gesetze, der Durchsetzung der Notwendigkeit im Zufall, der Verwirklichung von Möglichkeiten usw. ermöglicht die Erkenntnis der wesentlichen Verhaltensweisen eines Systems. Dabei führt die Berücksichtigung der Zeitabhängigkeit zur Untersuchung sich verändernder Systeme. Die Zeit hängt als Existenzform der Materie von der wesentlichen Verhaltensweise des Systems mit ab, weshalb das Zeitintervall in unserer Bestimmung der Struktur durch die Existenz der gleichen Grundqualität charakterisiert ist.

Können wir die Systemgesetze bei gleichbleibender Grundqualität im Zeitintervall Δt als *Strukturgesetze* bezeichnen, so muß die wesentliche Verhaltens-[56]weise eines Systems, die zur Änderung der Grundqualität führt und damit zur Existenz neuer Strukturgesetze, durch *Bewegungsgesetze* bestimmt sein, in denen der Zeitfaktor t enthalten ist. Während im Strukturgesetz Δt stets kleiner als ε ist, wobei ε durch die Existenz der Grundqualität bestimmt ist, charakterisiert das Bewegungsgesetz den Übergang von einer Qualität zu einer neuen Qualität, das heißt einer neuen Gesamtheit von wesentlichen und unwesentlichen usw. Beziehungen des Systems für ein neues Zeitintervall. Die Zeit Δt ist also entscheidend für den Übergang von einer Qualität zu einer neuen.

Anders verhält es sich mit der Zeit der *Entwicklungsgesetze*. Da Entwicklung durch höhere Qualitäten bestimmt ist, die im Vergleich mit der Ausgangsqualität deren Funktionen quantitativ umfangreicher und qualitativ besser erfüllen, was mit spezifischen Entwicklungskriterien erfaßt werden kann, müssen Entwicklungsgesetze den Übergang von der Ausgangsqualität zur neuen und höheren Qualität in ihrer Möglichkeit und Notwendigkeit, in ihrer bedingten Zufälligkeit mit den entsprechenden Wahrscheinlichkeitsverteilungen charakterisieren. Dabei treten im Zeitraum t_1 andere Qualitäten der Grundqualität, die Ausgangsqualität des Entwicklungsprozesses ist, auf. Im Zeitraum t_2 entstehen neue und im Zeitraum t_3 entwickeln sich höhere Qualitäten. Entwicklungsgesetze enthalten Struktur- und Bewegungsgesetze in sich.³⁶

Berücksichtigen wir die Hierarchie der Systeme, dann ergeben sich Beziehungen zwischen niedriger- und höherentwickelten Systemen, die sowohl struktureller als auch genetischer Art sein können. *Strukturelle Beziehungen* zwischen Systemen mit verschiedenem Entwicklungsgrad, wie sie etwa in dem Verhältnis der Gesellschaft zur Natur unter bestimmten gesellschaftlichen Verhältnissen vorliegen, machen die Untersuchung der Strukturgesetze erforderlich, die die wesentliche Verhaltensweise beider Systemgruppen in der Wechselwirkung bestimmen. Insofern ist es für uns wichtig, die natürlichen Bedingungen gesellschaftlicher Existenz zu beachten. Trotz des hohen Autonomiegrades der Menschen und der Gesellschaft existiert die Gesellschaft nicht unabhängig von der Natur. Der Autonomiegrad

³⁶ Vgl. [H. Hörz, Dialektisch-materialistische Entwicklungstheorie und die Struktur von Entwicklungsgesetzen, in: Sitzungsberichte der AdW der DDR, 10/G/1975.](#)

bestimmt jedoch die Spezifik des Mensch-Natur-Verhältnisses in Abhängigkeit von den gesellschaftlichen Gesetzen. *Genetische Beziehungen* zwischen den Systemen sind durch Bewegungs- und Entwicklungsgesetze bestimmt, wobei relative Ziele der Entwicklung zu berücksichtigen sind. [57]

5. Natürliche Evolution, objektive Entwicklung und philosophische Entwicklungstheorie³⁷

Heute wird die natürliche Evolution des Kosmos, der uns umgebenden Natur und der materiellen Grundlagen des Bewußtseins allgemein anerkannt. Die menschliche Gesellschaft und die spezifisch menschliche Form der Widerspiegelung wird, durch Detailforschungen immer besser belegt, als Eigenschaft und Entwicklungsprodukt der Materie begriffen. Es ist sicher eine berechtigte Frage, ob die philosophische Entwicklungstheorie die Ergebnisse wissenschaftlicher Forschungen zur natürlichen Evolution so verarbeitet, daß sie als adäquate philosophische Interpretation naturwissenschaftlicher Erkenntnisse ihrer weltanschaulichen und heuristischen Funktion gerecht werden kann. Engels hatte auf den weiteren Ausbau der Entwicklungstheorie bei seinen Überlegungen zum Darwinismus aufmerksam gemacht. Er verwies sowohl auf die Fundierung philosophischer Überlegungen durch neue Forschungsergebnisse als auch auf den historischen Charakter dieser Theorie, denn die „Entwicklungstheorie selbst aber ist noch sehr jung, und es ist daher unzweifelhaft, daß die weitere Forschung die heutigen, auch die streng darwinistischen Vorstellungen von dem Hergang der Artenentwicklung sehr bedeutend modifizieren wird“.³⁸

Lenin stellte die Aufgabe, das allgemeine *Prinzip der Entwicklung* mit dem allgemeinen *Prinzip der Einheit der Welt* zu verknüpfen, weil ein bloßes Einverständnis mit dem Entwicklungsgedanken nicht ausreicht. Entwicklung unterschied Lenin vom Wachstum. „Wenn sich alles entwickelt, heißt das, alles geht von einem in das andere über, denn die Entwicklung ist bekanntlich nicht einfaches, allgemeines und ewiges *Wachsen, Zunahme* (resp. *Abnahme*) etc.“³⁹ Deshalb forderte Lenin, die Evolution exakter als wechselseitiges Ineinanderübergehen aufzufassen und die Entwicklung der Begriffe zu berücksichtigen. Entwicklung war für ihn Einheit der Gegensätze. Nur so kann die Quelle [58] der Selbstbewegung theoretisch erfaßt und die Diskontinuität in der Entwicklung, das Entstehen von Neuem begriffen werden.⁴⁰

Im Zusammenhang mit den Diskussionen um die biotische Evolution und um die Theorie dissipativer Strukturen,⁴¹ um die Evolution des Kosmos⁴² und um die Anthropogenese⁴³ kommt es darauf an, einige Probleme unserer Forschungen zur philosophischen Entwicklungstheorie erneut zu durchdenken. Ausgehend von der Antwort auf die Frage, worin die Dialektik der Entwicklung besteht, soll hier zunächst exemplarisch der naturwissenschaftliche Beitrag zur Entwicklungstheorie, den die Theorie dissipativer Strukturen leistet, charakterisiert werden.

³⁷ Wir benutzen im weiteren den Entwicklungsbegriff als einen philosophischen Begriff, der den der Evolution mit umfaßt. In der dialektisch-materialistischen Entwicklungstheorie charakterisiert Evolution den Prozeß des Entstehens neuer Qualitäten; Evolution ist also Bestandteil der Entwicklung. Von anderen Autoren wird der Evolutionsbegriff auch noch benutzt, um die philosophische Gegenposition zur dialektischen Entwicklungstheorie zu bestimmen. Der in den Naturwissenschaften häufig benutzte Evolutionsbegriff kann aber in keinem Fall unanalysiert als Ausdruck eines metaphysischen Entwicklungsverständnisses genommen werden. Es ist immer zu prüfen, welche Relevanz eine naturwissenschaftliche Evolutionstheorie für die philosophische Entwicklungstheorie hat.

³⁸ F. Engels, Herrn Eugen Dührings Umwälzung der Wissenschaft („Anti-Dühring“), in: MEW, Bd. 20, a. a. O., S. 69.

³⁹ W. I. Lenin, Philosophische Hefte, in: Werke, Bd. 38, Berlin 1964, S. 242.

⁴⁰ Vgl. ebenda, S. 339.

⁴¹ Vgl. G. Pawelzig, Dialektik der Entwicklung objektiver Systeme, Berlin 1970; J. Monod, Zufall und Notwendigkeit, München 1971; M. Eigen, Selforganization of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules, in: Naturwissenschaften, 10/1971; F. Cizek/D. Hodanova, Evolution als Selbstregulation, Jena 1971; R. Löther, Die Beherrschung der Mannigfaltigkeit, Jena 1972; R. Riedl, Die Ordnung des Lebendigen, Hamburg – Berlin 1975; K. Fuchs-Kittowski, Probleme des Determinismus und die Kybernetik in der molekularen Biologie, Jena 1976; H. Ley, Zum Stand der Entwicklungstheorie in den Naturwissenschaften, in: Deutsche Zeitschrift für Philosophie, 7/1975; W. Ebeling, Strukturbildung bei irreversiblen Prozessen, Leipzig 1976; H. Hörz, Marxistische Philosophie und Naturwissenschaften, a. a. O.

⁴² Vgl. H. Hörz/H.-J. Treder, Neue naturwissenschaftliche Erkenntnisse über den Kosmos in weltanschaulicher Sicht, in: Einheit, 5/1977, S. 606 ff.

⁴³ Vgl. B. Stephan, Die Evolution der Sozialstrukturen, Berlin 1977.

5.1. Zur Dialektik der Entwicklung

Wenn wir die auf der Grundlage der von den Klassikern des Marxismus-Leninismus ausgearbeitete dialektisch-materialistische Entwicklungskonzeption, die durchgeführten Diskussionen um System und Entwicklung, um die Struktur von Entwicklungsprozessen, um die Bedeutung des dialektischen Widerspruchs und um die Einheit der Grundgesetze der Dialektik überschauen, dann können einige wesentliche Ergebnisse als Ausgangspunkt weiterer Überlegungen festgehalten werden⁴⁴:

Erstens ist die Einheit der Welt in der Materialität eine Einheit sich entwickelnder Systeme. In der wechselseitigen Beeinflussung von Systemen, die niedriger und höher entwickelt sind, existieren strukturelle Zusammenhänge. Denken wir etwa an die Auseinandersetzung des Menschen mit der Natur, an die Beziehungen zwischen Flora und Fauna, an die Rolle ökologischer Nischen. Diese strukturellen Beziehungen sind neue Bedingungen für genetische Beziehungen [59] des Auseinanderhervorgehens der neuen und höheren Qualität aus der niederen. So ist das Entstehen von solchen Insekten, die gegenüber chemischen Mitteln Resistenzen aufweisen, nur durch den umfangreichen Einsatz chemischer Gifte zur Insektenbekämpfung durch den Menschen zu erklären. Das Problem besteht also nicht nur darin, genetische Zusammenhänge unter historischen Bedingungen zu erforschen, um die Entwicklung der Arten und die Entstehung des Menschen zu begreifen, sondern auch darin, genetische Zusammenhänge unter den neuen Bedingungen bereits existierender Zusammenhänge zu untersuchen. Der historische Aspekt zeigt sich damit in verschiedener Hinsicht. So existieren alle strukturellen und genetischen Zusammenhänge auf einem Entwicklungsniveau oder zwischen verschiedenen Niveaus stets unter konkret-historischen Bedingungen.

Zweitens ist Entwicklung als eine Gesamtheit von Prozessen zu verstehen, in denen sich die Tendenz zur Höherentwicklung als dialektische Negation der Negation durchsetzt, wobei durch objektive dialektische Widersprüche quantitative und qualitative Änderungen im Rahmen einer Grundqualität zum Entstehen einer neuen Grundqualität führen, die dann als höhere Qualität auftritt, wenn sie im Vergleich mit der Ausgangsqualität deren Funktion qualitativ besser und quantitativ umfangreicher erfüllt. Diese allgemeine Formulierung kann schnell zu Mißverständnissen führen, wenn sie nicht mit konkreten Entwicklungskriterien verbunden wird. Andern sich in der Entwicklung die Funktionen, dann ist das im konkreten Entwicklungskriterium zu berücksichtigen. Um die höhere Qualität bestimmen zu können, müssen vergleichbare Merkmale mit der Ausgangsqualität real existieren.

Eine philosophische allgemeine Aussage kann kein Schema für real ablaufende Prozesse sein, sondern ist heuristisches Denkprinzip, die natürliche Evolution und Entwicklung exakter zu erforschen und ihre objektive Dialektik besser zu verstehen. Bedeutung hat dafür vor allem das Verständnis der Grundgesetze der Dialektik als gesetzmäßige Zusammenhänge des Entwicklungsmechanismus als qualitativer Umwandlung, der Entwicklungstriebekräfte als System von dialektischen Widersprüchen und der Entwicklungsrichtung als dialektischer Negation der Negation.

Drittens ist deshalb die Entwicklung unserer einzelwissenschaftlichen Begriffe und Theorien von der natürlichen Evolution und Entwicklung und die damit im Zusammenhang stehende Entwicklung unserer philosophischen Auffassungen zu beachten und zu untersuchen. Die dialektische Denkmethode erfordert, in der philosophischen Entwicklungstheorie stets den Zusammenhang zwischen den notwendigen Strukturuntersuchungen von Elementen eines Entwicklungsprozesses zur Struktur von Entwicklungsgesetzen, als den übergreifenden Zusammenhängen, herzustellen. Um einfache Determinationszusammenhänge, wie die Durchsetzung der Notwendigkeit im Zufall, die Formierung des Inhalts, [60] die notwendige und zufällige Verwirklichung von Möglichkeiten, die Bedingtheit und Bestimmtheit der Objekte und Prozesse durch Kausalität und Gesetz in konkreten Vorgängen auf einer Entwicklungsebene, in Entwicklungszusammenhänge einordnen zu können, ist sowohl der strukturelle Zusammenhang in allen am konkreten Entwicklungsprozeß beteiligten Entwicklungsebenen, das heißt qualitativ unterscheidbare Phasen im Entwicklungsprozeß, als auch der strukturelle und genetische Zusammenhang zwischen den Entwicklungsebenen zu untersuchen.

⁴⁴ Vgl. Gesetz und Entwicklung in Philosophie und Einzelwissenschaft, in: Wiss. Zeitschrift der HU, Math.-Nat.-Reihe, 1/1973.

Viertens hat sich hier der Begriff des Entwicklungszyklus als wesentlich zur Charakteristik des genetischen Zusammenhangs zwischen niedriger und höher entwickelten Systemen erwiesen. Der Entwicklungszyklus umfaßt die Ausgangsqualität, die selbstverständlich mit ihrer Struktur selbst geronnene bisherige Entwicklung ist, und die Endqualität, die als dialektische Negation der Negation sowohl qualitativ neue Strukturelemente als auch, durch die scheinbare Rückkehr zum Alten, vergleichbare quantitative und qualitative Eigenschaften aufweist, die sich vor allem in der Erfüllung von Funktionen durch Ausgangs- und Endqualität zeigt. Jeder Entwicklungszyklus umfaßt nicht nur die sich durchsetzende Tendenz zur Höherentwicklung, sondern auch gegenläufige Prozesse der Regression, das heißt des Rückkehrens zur alten Qualität, der Stagnation im Sinne des bedingten Aussetzens der Tendenz zur Höherentwicklung und der Ausbildung aller Elemente einer erreichten Entwicklungsstufe. Ein abgeschlossener Entwicklungszyklus liegt erst vor, wenn die höhere Qualität erreicht ist. Gerade das macht die Frage nach den Entwicklungskriterien so interessant, mit denen gemessen werden soll, ob es sich um eine höhere Qualität handelt.

Wenn wir die dargelegten Überlegungen für die weitere Untersuchung von Entwicklungsprozessen nutzen, um zu präziseren Aussagen in unserer philosophischen Entwicklungstheorie zu kommen, dann ist zu beachten, daß die Evolutionsprozesse in der Natur heute nicht mehr unmittelbar durch die philosophische Entwicklungstheorie erfaßt werden können. Eine wesentliche Stufe des Entwicklungsdenkens in der Geschichte waren sicher die intuitiv richtigen Einsichten griechischer Dialektiker in die objektiven Entwicklungszusammenhänge. Ihre Überlegungen zur Entstehung von Neuem, bei Epikur durch die Einführung des Zufalls in die Atomtheorie erklärt, zur ständigen Veränderung bei Heraklit und zum theoretischen Verständnis der Bewegung mit den Aporien Zenons, sind auch heute noch von Bedeutung. Aber inzwischen wurden durch die Naturwissenschaften spezielle Methoden zur Erforschung von Evolutionsprozessen entwickelt. Es wurde ein umfangreiches Material angehäuft, das anstelle von spekulativem Ausfüllen von Wissenslücken die philosophische Analyse wissenschaftlicher Erkenntnisse und Hypothesen erfordert. Astronomie, Biologie, Paläontologie, Physiologie und andere Wissenschaften haben schon im 19. Jahrhundert die neue Naturanschauung begründet, die Engels mit den Worten charakterisierte: „Alles [61] Starre war aufgelöst, alles Fixierte verflüchtigt, alles für ewig gehaltene Besondere vergänglich geworden, die ganze Natur als in ewigem Fluß und Kreislauf sich bewegend nachgewiesen.“⁴⁵ Diese Auflösung aller starren und ewigen Schranken zwischen den objektiven Systemen, ihr Verständnis als miteinander wechselwirkende, ineinander übergehende, Neues hervorbringende Strukturen führte aber nicht etwa zu einem theoretischen Chaos, wonach Entwicklung nicht mehr faßbar, sondern nur noch intuitiv zu erahnen wäre.

Die in der Natur anzutreffenden Entwicklungsprodukte sind in ihrer Struktur geronnene Entwicklung. Als wesentliche Struktur, das heißt als objektives Gesetz, ist Entwicklung das Bleibende im Wechsel der Erscheinungen. Es existieren nicht nur Struktur-, sondern auch Bewegungs- und Entwicklungsgesetze. Insofern erfaßt eine systematische Darstellung der Dialektik neben zeitbedingten Elementen durch unseren relativen Erkenntnisstand auch bleibende Erkenntnisse allgemeiner Art, wie die allgemeinen Beziehungen und Gesetze der Dialektik, die ständig mit neuem Material zu präzisieren, aber nicht aufzuheben sind.

Wenn wir die Dialektik der Entwicklung theoretisch erfassen wollen, dann sind folgende Untersuchungsebenen von Bedeutung:

Erstens gibt es ständig tiefere Einsichten in die natürliche Evolution, die in naturwissenschaftlichen Theorien enthalten sind. Dabei muß es sich nicht unbedingt um ausgesprochene Entwicklungstheorien handeln. Eben weil die natürliche Entwicklung Regression, Stagnation, Ausbildung der Elemente eines Systems auf einem Entwicklungsniveau und die Tendenz zur Höherentwicklung umfaßt, sind auch Teilerkenntnisse, die die Möglichkeit von Entwicklungsprozessen ausdrücken, für das Verständnis der natürlichen Entwicklung von Bedeutung. So sind Einsichten in die Beziehungen zwischen Symmetrie und Asymmetrie, zwischen Erhaltung und Nichterhaltung, wie sie die Physik hoher Energien liefert, ein wesentliches Argument gegen die bei Monod in philosophischer Konsequenz

⁴⁵ F. Engels, Dialektik der Natur, in: MEW, Bd. 20, a. a. O., S. 320.

enthaltene Verabsolutierung der Invarianz. Für ihn war die invariante Reproduktion der Arten der Grundmechanismus biotischen Seins und seine zufällige Durchbrechung nicht gesetzmäßig.⁴⁶

Der Weg zu einer mit der natürlichen Entwicklung übereinstimmenden Theorie wird durch undialektische Auffassungen verbaut, die sich aus der Fehldeutung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse ergeben. Die Analysen naturwissenschaftlicher Evolutionstheorien können aber auch wesentliche Elemente einer philosophischen Entwicklungstheorie liefern, die damit durch naturwissenschaftliche Erkenntnisse fundiert wird.

Zweitens entwickeln sich die Entwicklungsmechanismen selbst. Wenn wir die Evolution im Kosmos betrachten, dann gibt es Kondensations- und Zerstreungs-[62]hypothesen für die Sternentwicklung, aber allen heutigen Theorien gemeinsam ist das Problem, Entwicklungsmechanismen zu erklären, die bis zu einer Zeit von 12 bis 15 Milliarden Jahren zurückreichen. Der Hinweis auf diesen Zeitpunkt als Beginn der derzeitig überschaubaren Entwicklungsmechanismen deutet darauf hin, daß vorher andere bisher unbekannte Mechanismen existierten. In der biologischen Evolution existieren neue strukturelle Beziehungen zwischen Mensch und Umwelt als Bedingung für natürliche Entwicklungszyklen, die mit der künstlichen Evolution zwar keine Änderung der Entwicklungsgesetze, wohl aber ihrer Wirkungsweise, ihres Wirkungsmechanismus mit sich brachten. Ein Problem besteht darin, ob mit der weiteren Gestaltung gesellschaftlicher Beziehungen auch Änderungen in den Entwicklungsmechanismen der Ontogenese des Menschen auftraten oder auftreten.

Drittens ist die Entwicklung von einzelwissenschaftlichen Evolutionstheorien in ihrer inneren Widersprüchlichkeit zu untersuchen. Auf die intuitive Einsicht griechischer Philosophen folgte die systematische Untersuchung von Teilbereichen der Natur. Entwicklungsideen setzten sich oft in Konfrontation mit dem Mechanismus durch, der die Entstehung von Neuem leugnete. Dialektische Ideen waren vor allem mit idealistischen philosophischen Systemen verbunden. Im geschichtlichen Verlauf wurde die durch die strenge Klassifizierung erfolgte Negation der Dialektik selbst wieder durchbrochen, und es wurden Evolutionstheorien aufgestellt. Strukturdenken wurde durch Prozeßdenken und im 19. Jahrhundert durch Entwicklungsdenken abgelöst. Dabei gab es Einseitigkeiten, wie sie etwa im Gegensatz von Nativismus und Empirismus in der Physiologie des 19. Jahrhunderts auftraten. Beide berücksichtigen jedoch noch nicht die Evolution des Erkenntnisapparates selbst. Solche Einseitigkeiten in der naturwissenschaftlichen Theorienbildung wirkten sich direkt auf die philosophische Entwicklungstheorie aus, ein Vorgang, der erst mit der dialektisch-materialistischen Entwicklungstheorie zu beseitigen ist.

Viertens entwickelt sich die dialektisch-materialistische Entwicklungstheorie durch Präzisierung ihrer allgemeinen philosophischen Aussagen, was die ständige philosophische Verallgemeinerung von Einsichten in die natürliche Evolution, in die Evolution der Evolutionsmechanismen und von Ergebnissen einzelwissenschaftlicher Evolutionstheorien verlangt. Das führt zur Frage nach wesentlichen neuen Einsichten in der Naturwissenschaft.

5.2. Naturwissenschaftliche Beiträge zur Entwicklungstheorie

Hier kann nur auf einige Erkenntnisse aufmerksam gemacht werden, um die Forderung zu verdeutlichen, ständig die Ergebnisse der Naturwissenschaften so zu analysieren, daß mögliche Präzisierungen von Entwicklungsauffassungen [63] sichtbar werden. Engels betonte, daß wir zu der Auffassung der griechischen Philosophen zurückgekehrt seien, die intuitiv das ewige Entstehen und Vergehen materieller Objekte erkannten. Jetzt ist diese Auffassung streng wissenschaftlich begründet. „Allerdings“, schrieb Engels, „ist der empirische Nachweis dieses Kreislaufs nicht ganz und gar frei von Lücken, aber diese sind unbedeutend im Vergleich zu dem, was bereits sichergestellt ist, und füllen sich mit jedem Jahr mehr und mehr aus.“⁴⁷ Um mögliche Lücken in unserer philosophischen Entwicklungstheorie geht es vor allem, wenn auf solche Probleme verwiesen wird wie z. B. die Soziogenese im Tierreich und die schöpferische Entwicklung neuer Ideen.

⁴⁶ Vgl. J. Monod, Zufall und Notwendigkeit, a. a. O.

⁴⁷ F. Engels, Dialektik der Natur, in: MEW, Bd. 20, a. a. O., S. 320.

Hier sollen einige Anmerkungen zur Theorie dissipativer Strukturen gemacht werden. W. Ebeling verweist auf die seit dem vergangenen Jahrhundert immer wieder geführten Diskussionen um den Grundwiderspruch der Naturwissenschaften „zwischen dem II. Hauptsatz der Wärmelehre nach Clausius und ... der Evolutionshypothese von Darwin“. „Bekanntlich sagt die Thermodynamik eine Zunahme der Entropie und damit der Unordnung in abgeschlossenen Systemen voraus, während die Darwinsche Evolutionshypothese auf Grund des Selektionsprinzips eine Zunahme des Organisationsgrades biologischer Systeme postuliert.“⁴⁸ Diese dialektischen Beziehungen zwischen Unordnung und Ordnung, Zerfall und Aufbau, niedriger und höher entwickelten Systemen, Symmetrie und Asymmetrie, Struktur und Entwicklung müssen in einer dialektisch-materialistischen Entwicklungstheorie in ihrem inneren Zusammenhang als objektiv existierende Gegensätze untersucht werden, die in ihrer Einheit die natürliche Evolution besser verstehen lassen.

Einseitige philosophische Haltungen, wie des Mechanizismus, der die Entstehung von neuen und höheren Qualitäten leugnet und die identische Wiederkehr der Zustände behauptet, wie der Vitalismus, der die Spezifik biotischer Evolution zu einer Lebenskraft verabsolutiert, sind immer wieder in ihrer allgemeinen und konkreten Form zurückgewiesen worden. So rechnete Engels mit der undialektischen Auffassung zum Energieerhaltungssatz ab, indem er betonte, daß die Unzerstörbarkeit der Bewegung nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ gefaßt werden muß. Das Argument, „eine Materie, deren rein mechanische Ortsveränderung zwar die Möglichkeit in sich trägt, unter günstigen Bedingungen in Wärme, Elektrizität, chemische Aktion, Leben umzuschlagen, die aber außerstande ist, diese Bedingungen aus sich selbst zu erzeugen, eine solche Materie hat Bewegung eingebüßt“, hat seinen Wert als weltanschaulicher [64] Ausdruck materialistisch-dialektischer Grundhaltung ebensowenig eingebüßt wie als heuristischer Hinweis für die naturwissenschaftliche Forschungsarbeit. Nach Engels ist die Bewegung vergänglich, wenn behauptet wird, „daß die Materie während ihrer ganzen zeitlos unbegrenzten Existenz nur ein einziges Mal und für eine ihrer Ewigkeit gegenüber verschwindend kurze Zeit in der Möglichkeit sich befindet, ihre Bewegung zu differenzieren und dadurch den ganzen Reichtum dieser Bewegung zu entfalten“.⁴⁹ Das aber war die Behauptung von J. Monod, für den die Entwicklung der Organismen ein unwahrscheinliches, absolut zufälliges Ereignis darstellte.⁵⁰

Ausgehend von den Arbeiten von Prigogine und Glansdorff und anderen konnte gezeigt werden, „daß sich *in offenen Systemen*, denen von außen ständig freie Energie und Stoff zugeführt wird, *stationäre Nichtgleichgewichtszustände mit hohem Ordnungsgrad* ausbilden können. Infolge der *großen Abweichungen vom Gleichgewicht* wird das Verhalten durch *nichtlineare Gleichungen* beschrieben, und es können *mehrere stationäre Lösungen* existieren. Durch Untersuchung der *Stabilität* findet man die physikalisch relevante Lösung, die stabil gegenüber Fluktuationen ist. Instabile Zustände zeigen im Gegensatz dazu ein Aufschaukeln der Fluktuationen (Amplifikation), da das System bestrebt ist, in stabile Zustände überzugehen. Die Endzustände können durchaus einen höheren Ordnungsgrad bzw. eine geringere Symmetrie besitzen. Der Übergang zu stabilen stationären Zuständen wird als physikalische Evolution bezeichnet und ist dem Evolutionsprinzip von Prigogine und Glansdorff (1971) unterworfen.“⁵¹

Die Theorie dissipativer Strukturen gibt Einsichten in solche Prozesse, die Engels, ausgehend von der philosophischen Erkenntnis der Unerschöpflichkeit der Materie und der Unzerstörbarkeit der Bewegung, die sich in ihrer qualitativen Differenzierung zeigt, als Selbsterzeugung der Bedingungen zu dieser qualitativen Differenzierung bezeichnete. Damit wird wichtiges naturwissenschaftliches Material für die philosophische Analyse natürlicher Evolutionsprozesse zur Verfügung gestellt, dessen Bedeutung und Problematik zu untersuchen ist.

⁴⁸ W. Ebeling, Strukturbildung bei irreversiblen Prozessen, a. a. O., S. 7; vgl. auch P. Glansdorff/I. Prigogine, Thermodynamic Theory of Structure, Stability and Fluctuations, London 1971.

⁴⁹ F. Engels, Dialektik der Natur, in: MEW, Bd. 20, a. a. O., S. 325.

⁵⁰ Vgl. J. Monod, Zufall und Notwendigkeit, a. a. O.

⁵¹ W. Ebeling, Strukturbildung bei irreversiblen Prozessen, a. a. O., S. 9 f.

Ein wesentlicher Aspekt ist dabei das Verhältnis von Physik und Biologie. Es geht um die physikalischen Grundlagen der biologischen Evolutionstheorie und damit um das Verständnis der Einheit der Welt in der Materialität als Einheit strukturell und genetisch zusammenhängender niedriger und höher entwickelter Systeme.

Für Physik und Biologie ergibt sich die notwendige Untersuchung der physikalischen Grundlagen biotischer Evolutionsprozesse, weil die Beschränkung der Physik auf die Zunahme der Entropie und der Biologie auf die Selbstorgani-[65]sation einseitig ist. Der innere Zusammenhang ist weiter zu erforschen. Dabei kann zunächst festgehalten werden:

Erstens liefert die Theorie dissipativer Strukturen keine biologische und erst recht keine philosophische Entwicklungstheorie. Sie ist jedoch eine physikalische Rahmentheorie für Theorien zur biotischen Evolution, die physikalische Möglichkeiten biotischer Evolution erfaßt. Für die Philosophie tritt damit das Verhältnis von System und Element in der spezifischen Form auf, daß die Entwicklung von Systemen und von höheren Qualitäten durch Mechanismen des Verhaltens der Elemente zu erfassen ist, die einer niedrigen Entwicklungsstufe angehören. Das macht die statistischen Gesetze als Entwicklungsgesetze für das Verständnis von Entwicklungsprozessen interessant, denn Entwicklungsgesetze umfassen Struktur- und Bewegungsgesetze, wenn sie den gesetzmäßigen Zusammenhang von Entwicklungszyklen charakterisieren.

Zweitens ist das Verhältnis von Gesetz und Zufall weiter zu untersuchen. Die Notwendigkeit konkreter Prozesse in der biotischen Evolution ist nicht mit der Unausweichlichkeit vorherbestimmter Ereignisse zu verwechseln, wie sie der mechanische Determinismus annahm. Die Notwendigkeit konkreter Ereignisse ist eine Einheit von allgemeiner Notwendigkeit, wie sie im Gesetz als notwendig sich verwirklichende Möglichkeit enthalten ist, und bedingter zufälliger Verwirklichung von Elementmöglichkeiten. Ohne die Struktur statistischer Gesetze zu berücksichtigen, kann man die Einheit von Notwendigkeit, Zufall, Möglichkeit und Wirklichkeit theoretisch nicht erfassen. M. Eigen spricht von der Notwendigkeit des für gegebene Randbedingungen gesetzmäßig formulierbaren Ablaufs der Evolution und der Freiheit der individuellen Kopienwahl als Konsequenz einer undeterminierten Abfolge der Elementarereignisse.⁵² Damit ist aber das Argument nicht entkräftet, daß diese Elementarereignisse selbst gesetzmäßig sind. Es ist die gesetzmäßige Verbindung von bedingter notwendiger Verwirklichung von Systemmöglichkeit und bedingter wahrscheinlicher Verwirklichung von Elementmöglichkeiten in der Struktur statistischer Gesetze zu beachten. Damit geht es um die Struktur von Entwicklungsgesetzen. Das ist mehr als die Feststellung, daß der Zufall eine Notwendigkeit hervorbringe.⁵³ Entwicklungsgesetze enthalten als gesetzmäßigen Zusammenhang die Selbstreproduktion von Entwicklungsbedingungen, sonst existiert keine Beziehung zwischen alter und neuer Qualität. Ihr struktureller Zusammenhang wird dann zwar als Gesetz erfaßt, aber nicht ihr genetischer Zusammenhang.

Drittens ist Entwicklung als Einheit verschiedener Qualitätsänderungen, eben der Ausbildung anderer, neuer und höherer Qualitäten besser zu verstehen. So wichtig der Gedanke von der Entropieproduktion für eine Theorie irreversibler [66] Prozesse ist, so ist die Ausbildung dissipativer Strukturen eine gerichtete physikalische Bewegung, die noch keine Entstehung höher entwickelter Qualitäten umfaßt.⁵⁴ Einerseits wird also eine enge Evolutionsauffassung dadurch durchbrochen, daß Evolution nicht mehr nur Kosmos, Bios und Gesellschaft zugesprochen wird, sondern physikalische Evolution untersucht wird. Andererseits darf das in der philosophischen Theorie nicht zur Einschränkung der qualitativen Seiten der Entwicklung führen, die Tendenz zur Höherentwicklung ist.

Viertens wird mit der Diskussion um die Theorie dissipativer Strukturen die Rolle der Modelle in der wissenschaftlichen Erkenntnis erneut verdeutlicht. Wenn Ebeling feststellt, daß wir den Selektionsprozeß theoretisch nicht so nachvollziehen können, wie er in der Natur abgelaufen ist, dann sind zwei Aspekte zu beachten. Keine Theorie erfaßt die Wirklichkeit so, wie sie, durch die Gesamtheit der Bedingungen bestimmt, konkret in Objekten und Prozessen als Einheit notwendiger und zufälliger,

⁵² Vgl. M. Eigen/R. Winkler, *Das Spiel*, München 1975, S. 77.

⁵³ Vgl. K. Fuchs-Kittowski, *Probleme des Determinismus und der Kybernetik in der molekularen Biologie*, a. a. O., S. 412.

⁵⁴ Vgl. W. Ebeling, *Strukturbildung bei irreversiblen Prozessen*, a. a. O., S. 134.

allgemeiner und individueller Eigenschaften sich entwickelte. Sie erfaßt sie jedoch immer besser in ihrem gesetzmäßigen Verhalten unter bestimmten Bedingungen. Deshalb betont Ebeling den Wert von Selektionsmodellen, wesentliche Aspekte von Selektionsprozessen herauszuarbeiten, „wodurch eine schrittweise Annäherung an reale Verhältnisse ermöglicht wird“⁵⁵. Das Modell muß entsprechend seiner Zielsetzung, Evolutionsmechanismen zu erfassen, mögliche Varianten wirklicher Abläufe bieten, die wissenschaftlich überprüfbar sind. Deshalb meint Ebeling an anderer Stelle auch zu Recht, daß das Studium bestimmter Modellprozesse keinen direkten Erklärungswert für die Deutung realer Entwicklungsprozesse habe.⁵⁶

Offensichtlich dürfen wir von unseren Modellen, die so komplizierte Prozesse wie die biotische Evolution oder die noch wenig bekannte Bildung dissipativer Strukturen erfassen sollen, nicht zuviel verlangen. Modelle sind hier Vorstufen für eine umfassendere Theorienbildung, in der Einseitigkeiten aufgehoben werden. Insofern helfen die Modelle bei der theoretischen Analyse bestimmter Mechanismen, die Grundlage von Entwicklungsprozessen sein können. Dabei wäre es sicher verkehrt, vorzeitig Grenzen von Evolutionsmodellen zu postulieren.

5.3. Aspekte einer philosophischen Entwicklungstheorie

Neben dem tieferen Verständnis des Verhältnisses von Gesetz und Widerspruch, der inneren Einheit der Grundgesetze der Dialektik ist es sicher wichtig, darüber nachzudenken, welche Aspekte eine philosophische Entwicklungstheorie umfassen [67] muß, wenn sie die Prinzipien der Einheit der Welt in der Materialität und der Entwicklung theoretisch konsistent miteinander verbindet und so zu einer adäquaten philosophischen Interpretation naturwissenschaftlicher Erkenntnisse Zu Entwicklungsprozessen wird und zugleich heuristische Anforderungen an die naturwissenschaftliche Forschung stellt. Als notwendige Komponenten der Entwicklungstheorie, die mehr oder weniger ausgearbeitet sind, erweisen sich folgende:

Erstens haben die bisherigen Überlegungen bereits gezeigt, daß die Ergebnisse der naturwissenschaftlichen Forschung zum Verhältnis von Symmetrie und Asymmetrie, zur gerichteten Herausbildung bestimmter Strukturen und zur natürlich bedingten Bewertung bestimmter Evolutionsrichtungen genau zu analysieren sind. Die einseitige These von einer symmetrischen Grundstruktur unserer Welt verallgemeinert nur die bisherigen positiven Ergebnisse bei der Erfassung der Wirklichkeit mit Erhaltungssätzen und die Möglichkeit, die Durchbrechung solcher Erhaltungssätze theoretisch damit aufzufangen, daß umfassendere Sätze formuliert werden. Immer mehr wird jedoch auch der innere Zusammenhang zwischen Erhaltung und Nichterhaltung deutlich, der vor allem dann wesentlich wird, wenn die Durchbrechung der Invarianz, das Entstehen von Neuem im Mittelpunkt des theoretischen Interesses steht. Die Theorie dissipativer Strukturen zeigt, daß dann nicht mehr die reversiblen Prozesse in geschlossenen Systemen, sondern die irreversiblen Prozesse in offenen Systemen in ihrem gesetzmäßigen Verhalten untersucht werden müssen, um eine naturwissenschaftliche Erklärung für ausgezeichnete Richtungen zu erhalten. Die Natur bringt notwendig selbst neue Strukturen hervor. Der II. Hauptsatz der Thermodynamik wird immer mehr im Zusammenhang mit dem 1. Hauptsatz gesehen und die qualitative Erhaltung differenzierter Bewegungsformen beachtet. Mehr noch, es werden die Bedingungen untersucht, unter denen neue Strukturen entstehen. Der ständige Energieaustausch offener Systeme untereinander und der Informationsgehalt von objektiven Strukturen sind wesentliche Seiten objektiver Evolution in der Einheit von invarianter Reproduktion und irreversibler gerichteter Veränderung.

Zweitens muß die Entwicklungstheorie das Entstehen neuer Qualitäten erklären. Das ergibt sich noch nicht aus der Anerkennung gerichteter irreversibler Veränderungen bei der Strukturbildung im anorganischen Bereich. Die Theorie dissipativer Strukturen verweist auf physikalische Möglichkeiten für die Entstehung neuer biotischer Qualitäten. M. Eigen hebt das Zusammenwirken von Reproduktion, Mutation und selektiver Bewertung in der biotischen Evolution hervor. Damit sind Elementarmechanismen

⁵⁵ Ebenda, S. 177.

⁵⁶ Vgl. W. Ebeling, Physikalisch-chemische Grundlagen der Strukturbildung bei Entwicklungsprozessen, in: Struktur und Prozeß. Berlin 1977, S. 167.

der Entstehung von Neuem angesprochen, aber die Entwicklung höherer Qualitäten, die sich in der Entwicklung des Erkenntnisapparates zeigt, muß weiter untersucht werden.

Drittens ist die Kompliziertheit von Entwicklungsprozessen, wie sie im inneren Zusammenhang der drei Grundgesetze der Dialektik zum Ausdruck kommt, [68] dadurch besser zu erfassen, daß die Struktur von Entwicklungsgesetzen, ausgehend von Einsichten in das Verhältnis von Gesetz und Zufall, weiter untersucht wird. Gesetze haben Existenz- und Wirkungsbedingungen. Neue Bedingungen können zur Modifizierung von Gesetzen führen, die nicht ihre allgemeine Notwendigkeit, sondern ihre innere Struktur betreffen. Probleme, die mit künstlicher Evolution, mit der Änderung von Verhaltensmechanismen usw. zu tun haben, bestätigen die Notwendigkeit weitergehender philosophischer Überlegungen zur natürlichen Evolution in ihrer Gesetzmäßigkeit.

Viertens muß eine Entwicklungstheorie aber nicht nur die Kompliziertheit objektiver Entwicklungsprozesse umfassen, sondern sich auch mit den *Entwicklungskriterien* befassen. Für Kriterien in einem Entwicklungszyklus muß die Vergleichbarkeit zwischen Ausgangs- und Endqualität gesichert sein. Da die dialektische Negation der Negation eine scheinbare Rückkehr zum Alten darstellt, bietet sich ein Entwicklungskriterium an, das diese scheinbare Rückkehr nutzt (Vergleichbarkeit der Funktionen), um Unterschiede bei der Erfüllung dieser Funktionen festzustellen. Sicher kann diese konkrete Meßbarkeit in der Erfüllung gleichartiger Funktionen nicht dazu führen, qualitative Unterschiede in Ausgangs- und Endqualität eines Entwicklungszyklus zu verwischen. Entwicklungskriterien sind für konkrete Prozesse in konkreter Form auszuarbeiten, aber alle müssen den philosophischen Gesichtspunkt der Vergleichbarkeit und des qualitativen Unterschieds berücksichtigen, um die höhere Qualität nicht allein aus sich heraus bestimmen zu wollen.

Wichtig ist der Gedanke eines *Systems von Kriterien*, in dem allgemeine und besondere, koexistierende und einander ergänzende Kriterien existieren, wobei jedes, für sich genommen, Entwicklung nicht vollständig bestimmt. Kriterien größerer Komplexität und Kompliziertheit, der Herausbildung der Autonomie, der Irreversibilität, der inneren Aktivität, der Existenz eines Grundwiderspruchs, der Einfachheit usw. können bestimmte Tendenzen der Veränderung, des Wachstums und der Entwicklung charakterisieren, aber zur Bestimmung eines abgeschlossenen Entwicklungszyklus gehört ein Kriterium, das die höhere Qualität des Systems gegenüber der Ausgangsqualität ausweist. Die Formulierung der qualitativ besseren und quantitativ umfangreicheren Erfüllung der Funktionen der Ausgangsqualität durch die Endqualität macht auf das Problem aufmerksam, meßbare vergleichbare Zusammenhänge herzustellen. Leichtfertig wird die höhere Qualität dann postuliert, wenn man sie mit einem Kriterium nicht messen kann. Frühere Evolutionsstufen können in ihrem Qualitätsgrad an späteren gemessen werden, indem die genetischen Zusammenhänge zwischen ihnen aufgedeckt werden. Auch hier hilft uns der Begriff des Entwicklungszyklus. Das relative Ziel, das in der höheren Qualität erreicht wird, kann als Verwirklichung einer der objektiven Möglichkeiten, mit einem auf diesen Zyklus bezogenen Entwicklungskriterium als höhere Qualität ausgewiesen werden.

[69] Hier konnten nur einige wesentliche Aspekte materialistischer Dialektik in ihrer Bedeutung für die Naturwissenschaften behandelt werden. Einerseits werden die Ausführungen zur Dialektik und Geschichte, zum tiefen Eindringen von Physik und Biologie in die objektive Dialektik, zur Dialektik naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozesse und zur Kritik antidialektischer Auffassungen allgemeine Aussagen präzisieren und weitere Aspekte zeigen. Andererseits werden damit weiße Flecken unserer Dialektikforschung deutlich. Gerade die notwendige theoretische Vereinigung des Prinzips der Einheit der Welt und des Determinismus und des Entwicklungsprinzips macht es in der weiteren philosophischen Forschung erforderlich, das neue naturwissenschaftliche Material zu analysieren, um Fragen nach der Struktur der Entwicklungsgesetze, nach der Evolution der Evolutionsmechanismen, nach den Entwicklungskriterien präziser beantworten zu können.

[185]

Kapitel III [In Zusammenarbeit mit Ulrich Röseberg]

3. Atomismusproblematik in der gegenwärtigen Hochenergiephysik

In der gegenwärtigen Hochenergiephysik wird eine adäquate Theorie der subnuklearen Mikroobjekte gesucht. Klar ist, daß dies eine relativistische Theorie sein muß. Mit den hochenergetischen Streuexperimenten erforscht man ein materielles Strukturniveau weit unterhalb des Niveaus der Atome. Philosophisch bleibt dabei aber weiterhin die seit der Antike diskutierte Atomismusproblematik im Zentrum der Aufmerksamkeit. Es geht nicht zuletzt um Fragen der Materiestruktur und die engstens damit verknüpften Probleme der Kausalitäts- und Determinismusauffassung sowie der Raum-Zeit-Konzeption.

In den heutigen Diskussionen um den Atomismus soll vor allem geklärt werden, ob in der Physik mit den im Augenblick verfügbaren und ständig weiterentwickelten theoretischen Mitteln (Quanten- und Relativitätstheorie sowie deren angestrebte konsistente Synthese für Vielteilchensysteme) und den stetig verbesserten experimentellen Möglichkeiten (Beschleuniger mit extrem hohen Energien und großen Dichten der Teilchenströme; Beobachtungseinrichtungen für hochenergetische Teilchen der kosmischen Strahlung auf der Erde und im erdnahen Raum; hochempfindliche Meßmethoden und aufwendige Rechentechnik zur Analyse einer großen Datenmenge) die *Existenz elementarer Objekte* begründet werden kann, aus denen alle materiellen Objekte physikalisch aufgebaut sind. Gibt es solche elementaren Objekte, so sind deren physikalische Eigenschaften von Interesse. Gibt es derartige Objekte nicht, so steht die Frage, ob es mit einer anderen physikalischen Konzeption möglich ist, die *Einheit der Vielfalt* [186] *materieller Objekte* zu begründen. Atomismus und holistische Konzeptionen liegen miteinander im Wettstreit.

Einer relativ großen Gruppe von Hochenergiephysikern, die eine Konstituentenkonzeption vertritt, steht gegenwärtig eine kleinere Gruppe von Theoretikern gegenüber, die diese Konzeption aus physikalischen und philosophischen Gründen für abwegig halten. Dabei werden innerhalb beider Lager sehr unterschiedliche physikalische Ansätze diskutiert. Obgleich eindeutige experimentelle Entscheidungen in naher Zukunft nicht ohne weiteres zu erwarten sind, wird in den Auseinandersetzungen zwischen diesen Lagern eine „entweder-oder“-Entscheidung gesucht. Mit den Erfolgen des Partonen- und des Quarkmodells bei der starken Wechselwirkung, den Erfolgen der Eichfeldtheorien und der Aussicht auf eine einheitliche Theorie der starken, elektromagnetischen und schwachen Wechselwirkung bei gleichzeitig anhaltenden Schwierigkeiten innerhalb jener theoretischen Ansätze, die nicht von einer Konstituentenkonzeption materieller Objekte ausgehen, erweist zur Zeit der Atomismus in einer noch weiter zu präzisierenden Form auch auf dieser Ebene der Materiestruktur seine heuristische Bedeutung.

In der Diskussion der Kausalitäts- und Determinismusauffassung geht es im Zusammenhang mit der Hochenergiephysik heute vor allem darum, ob die mit der Relativitäts- und der Quantentheorie vorgenommenen Präzisierungen dieser philosophischen Konzeptionen bereits genügen oder ob sie sich noch weiter von jenen Vorstellungen zu entfernen haben, wie sie im mechanischen Materialismus charakteristisch waren. Weitestgehend offen ist bislang die Problematik einer Raum-Zeit-Konzeption im Bereich der Hochenergiephysik. Es steht die Frage nach der Möglichkeit spezieller mikrophysikalischer Raumzeitstrukturen, nach der Existenz von Elementarlängen und damit verbundenen „Zeitquanten“, der Lokalität bzw. Nichtlokalität mikrophysikalischer Prozesse.

Neben diesen und anderen Fragen der objektiven Dialektik der Natur auf dem tiefsten zur Zeit physikalisch zugänglichen Niveau der Materiestruktur spielen die komplizierten Fragen der Dialektik des Erkenntnisprozesses für die Hochenergiephysik eine besondere Rolle. Alle für die Quanten- und die Relativitätstheorie aufgeworfenen erkenntnistheoretisch-methodologischen Fragestellungen tauchen hier in spezifischer Form wieder auf. Darüber hinaus aber kommt es im Zusammenhang mit den Schwierigkeiten, die Elementarität der betrachteten Mikroobjekte zu charakterisieren, der besonderen Bedeutung, die in diesem Bereich Symmetriebetrachtungen und gruppentheoretische Erwägungen spielen, und der Tatsache, daß es bislang noch nicht gelungen ist, die Relativitätstheorie und die Quantentheorie für Vielteilchensysteme vollständig zu vereinigen, zu neuen, komplizierten

erkenntnistheoretisch-methodologischen Problemen, die bis zu der Frage nach der Möglichkeit der Einheit der Physik in einer physikalischen Einheitstheorie führen. [187]

3.1. Atomistische Konzeptionen

Atomismus kann man sehr allgemein als jene Auffassung charakterisieren, derzufolge alle materiellen *Objekte* aus *elementaren Objekten*, den *Atomen*, zusammengesetzt sind.

Philosophisch ist der Atomismus auf materialistischer Grundlage in der Auseinandersetzung mit der von Anaxagoras aufgestellten Behauptung der unendlichen Teilbarkeit aller materiellen Objekte entstanden. Er hat in Platon aber auch sofort seinen idealistischen Kritiker gefunden. Nimmt man die Existenz elementarer Objekte an, geht es in der philosophischen Auseinandersetzung seit der Antike vor allem darum, ob diese als *materielle* oder *ideelle* Objekte unterstellt sind. Weiterhin geht es darum, ob diese elementaren Objekte *letzte* unteilbare Bausteine der Materie sind oder ob sie jeweils nur für einen historisch bestimmten Erkenntnishorizont als Grundbausteine der Materie gelten. Fragen der Dialektik des Erkenntnisprozesses, der Dialektik der Erkenntnisresultate und der Dialektik der Natur sind in der Atomismusproblematik also aufs engste verquickt.

Im Atomismusbegriff, von dem hier ausgegangen wird, ist zunächst noch nicht festgelegt, über welche Eigenschaften diese Atome als elementare Konstituenten eines größeren Ganzen verfügen müssen. Insbesondere läßt sich nicht von vornherein sagen, ob die Atome selbst wieder strukturiert sind. Auf der Grundlage eines näher zu bestimmenden Strukturbegriffes gelten Strukturiertheit und Elementarität entweder als einander ausschließende oder einander ergänzende Eigenschaften.

Im weiteren geht es um *physikalischen Atomismus*.⁶³ Die Auffassung Leukipps, Demokrits und Epikurs, derzufolge die Atome letzte, unteilbare, unsichtbare, farb- und geruchlose Objekte sind, und die Auffassung des mechanischen Materialismus, derzufolge alle materiellen Objekte aus Materieteilchen zusammengesetzt sein sollen, sind spezielle Formen des naturphilosophisch spekulativen Atomismus. Ihnen gemeinsam war eine *Elementaritätskonzeption*, derzufolge das Elementare nicht weiter teilbar sein sollte. Demokrit hatte Atome verschiedener Sorten eingeführt, die sich in Form, Größe und Schwere unterscheiden sollten. Epikur hatte auf dieser Grundlage mathematische und physikalische Teilbarkeit der Atome unterschieden. Die physikalisch nicht zerlegbaren Atome sollten mathematisch aus Minima zusammengesetzt sein, also eine bestimmte Struktur besitzen. Im mechanischen Materialismus wurde dann die Eigenschaft der *Elementarität* an die Eigenschaft der *Unstrukturiertheit* gebunden. Man ging [188] von einem statischen Strukturbegriff aus, der Strukturen als invariante Beziehungen zwischen unveränderlichen Objekten faßt. Was in Übereinstimmung mit einem solchen Begriff strukturiert ist, kann man im Prinzip auch teilen. Folglich waren Elementarität und Strukturiertheit unvereinbare Eigenschaften.

Jede Form des Atomismus, die von einer Elementaritätskonzeption ausgeht, derzufolge Elementarität gleichzusetzen ist mit „nicht weiter teilbar“, wird notwendigerweise mit der zweiten von Kant formulierten „Antinomie der reinen Vernunft“ konfrontiert. Danach lassen sich plausible Gründe für die Richtigkeit zweier einander widersprechender Thesen anführen: „Thesis. Eine jede zusammengesetzte Substanz in der Welt besteht aus einfachen Teilen und es existiert überall nichts als das Einfache, oder das, was aus diesem zusammengesetzt ist.“ „Antithesis. Kein zusammengesetztes Ding in der Welt besteht aus einfachen Teilen und es existiert überall nichts Einfaches in derselben.“⁶⁴ Selbst die Atomismuskonzeption, die von einem Elementaritätsbegriff ausging, nach dem Strukturiertheit und Elementarität einander ausschließen, enthält bereits einen Hinweis auf den Zwang zur Dialektik bei der Erforschung der Gesetze der Materiestruktur. Dieser Gedanke entstand erst als Konsequenz der naturphilosophisch spekulativen atomistischen Konzeptionen und konnte auf dem Hintergrund metaphysischen Denkens auch dazu führen, den Atomismus als theoretisch unbrauchbares Konzept zu verwerfen. Verallgemeinert man aber die bisherige Entwicklung der Physik, Chemie und Biologie

⁶³ Zur Geschichte dieses Problems vgl. U. Röseberg, U. Röseberg, Philosophie und Physik. Atomismus in drei Jahrtausenden, Leipzig 1982; R. Wahsner, Das Aktive und Passive. Zur erkenntnistheoretischen Begründung der Physik durch den Atomismus – dargestellt am Newton und Kant. Akademie-Verlag Berlin 1981.

⁶⁴ I. Kant, Kritik der reinen Vernunft, Leipzig 1971, S. 522 ff.

philosophisch, so zeigt sich die Fruchtbarkeit atomistischer Auffassungen. Gleichzeitig erweist sich jedoch auch die Notwendigkeit, von der Existenz letzter, unteilbarer Bestandteile materieller Objekte abzugehen.⁶⁵ Alle Erkenntnisse über die Materiestruktur tragen relativen Charakter. Bisher ist es immer wieder gelungen, zu jedem erkannten Niveau der Materiestruktur ein nächst niederes zu finden, auf dem die Atome des höheren materiellen Strukturniveaus keineswegs mehr als elementar im ursprünglichen Sinne aufzufassen sind. Aus der Relativität unser er jeweiligen Kenntnis der Materiestruktur ist auf die relative Elementarität der jeweils bekannten elementarsten Objekte zu schließen. Der Atomismus ist also nicht als metaphysische, sondern nur als *dialektische Konzeption* mit der bisherigen Wissenschaftsentwicklung in Übereinstimmung zu bringen.

Zu Beginn unseres Jahrhunderts war die Existenz von Atomen, wie sie die Chemiker seit langem zur Analyse von Strukturen und Prozessen benutzten, auch zu einer gesicherten physikalischen Erkenntnis geworden. Zugleich aber interessierte sich die Physik für den Aufbau dieser Atome, blieb also keineswegs bei der Auffassung stehen, mit den Atomen letzte Bausteine aller materiellen [189] Objekte gefunden zu haben. Dieses dialektische Verständnis des inzwischen auch physikalisch gesicherten Atomismus wurde von einer Reihe experimenteller und theoretischer Erkenntnisse der Physik erzwungen (Entdeckung der Radioaktivität, der Röntgenstrahlen, Formulierung der Quantenhypothese und deren Anwendung auf elektromagnetische Strahlung, Abschätzung des Elektronenradius u. a.). Mit der Quantenmechanik gelang es schließlich, die Gesetze des Atomaufbaus zu verstehen. Mit den bereits behandelten Abweichungen vom Denkstil der klassischen Physik konnte man sich nun das Atom bestehend aus einer Elektronenhülle und einem aus Protonen und Neutronen aufgebauten Kern vorstellen. Die elektromagnetische Strahlung bestand aus Photonen. Damit hatte man den Atomismus auf das Niveau von vier bereits bekannten Elementarteilchen gebracht. Mit Elektronen, Protonen, Neutronen und Photonen schien 1932 auch das Atom bis auf die Natur der Kernbindungskräfte im Prinzip verstanden.

Für das Verständnis dieser Kräfte erlangte die relativistische Verallgemeinerung der Quantentheorie große Bedeutung. Auf der Grundlage speziell relativistischer Theorien ergaben sich Voraussagen neuer Teilchen, die auch experimentell bestätigt werden konnten. Die Analyse hochenergetischer Streuprozesse, in denen diese Teilchen in Übereinstimmung mit der relativistischen Masse-Energie-Relation ebenso entstanden und zerfielen wie die bereits bekannten Teilchen, zeigte die Problematik des ursprünglich zu ihrer Bezeichnung gewählten Begriffes – „Elementarteilchen“. Diese Objekte wurden in der Hochenergiephysik zu einem Gegenstand intensivster experimenteller und theoretischer Forschungsarbeit, in dessen Resultat sie heute als Objekte noch keineswegs voll verstandener Kompliziertheit objektiver Beziehungen sogar auf die Frage führen, inwiefern sie mit dem komplexesten Gegenstand physikalischer Forschung – dem Kosmos insgesamt – in Beziehung stehen. Mit der Erforschung dieser Objekte kommen neue Akzente in die Diskussion der Atomismusproblematik. Die „Elementarteilchen“physik vermag wesentliche Voraussetzungen zu einer Präzisierung der dialektischen Atomismuskonzeption zu liefern.

3.1.1. Die Komplexität der „Elementarteilchen“

Nachdem die auf der Grundlage der Dirac-Gleichung aufgestellte Hypothese über die Existenz eines Antiteilchens zum Elektron durch deren experimentellen Nachweis in kosmischen Strahlen überzeugend bestätigt werden konnte, war der Weg frei, ausgehend von der Quanten- und der Relativitätstheorie die Existenz weiterer Teilchen und Antiteilchen anzunehmen und in den entsprechenden Bereichen des energetischen Spektrums systematisch nach ihnen zu suchen. Gefragt waren die Eigenschaften dieser Teilchen, die Gesetze ihrer Wechselwirkungen [190] und die Möglichkeiten eines Klassifikationsschemas, dessen Systemgesetzmäßigkeiten analog denen zum Periodensystem der chemischen Elemente die Voraussage von neuen Teilchen und ihrer Eigenschaften gestatteten.

Zunächst standen für solche Untersuchungen lediglich die kosmischen Strahlen mit ihren hochenergetischen Komponenten zur Verfügung. Der Anteil hochenergetischer Teilchen ist dort aber relativ gering, und zugleich läßt sich mit diesen Strahlen nur schwer experimentieren. Die experimentelle

⁶⁵ Vgl. H. Hörz, Materiestruktur, a. a. O.; M. E. Omel'janovskij, Dialektika v sovremennoj fizike, a. a. O.; N. I. Stepanov, Konceptii elementarnosti v naučnom poznanii, Moskva 1976.

Situation für die „Elementarteilchen“physik verbesserte sich mit dem Bau von Beschleunigern sprunghaft. Seit Ende der 40er Jahre werden Großbeschleuniger gebaut, deren Betrieb völlig neue Formen des Zusammenwirkens verschiedener Spezialistengruppen bei der Planung, Durchführung und Auswertung *eines* Experiments nach sich gezogen hat. Zur Zeit werden Energien der Größenordnung von $5 \cdot 10^2 \text{ GeV}$ für Protonen erreicht. Damit können Raumgebiete der Größenordnung von $3 \cdot 10^{-16} \text{ cm}$ sondiert werden. Noch größere Energien sind ohne weiteres denkbar,⁶⁶ wenngleich dabei ohne prinzipiell neue Beschleunigertypen der gegenwärtig schon beträchtliche Aufwand weiterhin sprunghaft steigen wird.

Unabhängig von den weiteren Fortschritten im Bereich der Hochenergiephysik ist festzuhalten, daß bereits die vorliegenden Erkenntnisse die „Elementarteilchen“konzeption der frühen 30er Jahre in revolutionärer Weise verändert haben. Aus ehemals vier Objekten sind heute etwa 200 mehr oder minder stabile Teilchen geworden, die in vielfältiger Form miteinander wechselwirken.

Für die starke, die elektromagnetische und die schwache Wechselwirkung gelten verschiedene Erhaltungssätze, die in Übereinstimmung mit dem Noethertheorem auf entsprechende Symmetrien der Beschreibungsräume zurückzuführen sind. Die starke Wechselwirkung zeichnet sich durch eine maximale Zahl von Erhaltungssätzen und damit Symmetrien aus, während die schwache dadurch charakterisiert ist, daß in ihr minimale Symmetrien gelten.

In der Regel vernachlässigt man in der Hochenergiephysik die verglichen mit den anderen Wechselwirkungen wesentlich schwächere Gravitationswechselwirkung. Damit erspart man sich zugleich auch die Probleme, die sich in der Theorie wegen der noch fehlenden Quantentheorie der Gravitation ergeben müßten.

In Übereinstimmung mit der relativistischen Quantenfeldtheorie ist die Vorstellung eines freien, nicht-wechselwirkenden Teilchens, wie sie in der klassischen Physik üblich und in der nichtrelativistischen Quantenmechanik unter Berücksichtigung des Welle-Teilchen-Dualismus in bestimmten Grenzen noch möglich war, in der Hochenergiephysik eine völlig unzulässige Idealisierung. Reale [191] physikalische Teilchen wechselwirken immer mit den Vakuumfeldern, indem sie virtuelle Teilchen emittieren und absorbieren. Innerhalb eines durch die quantenmechanische Unbestimmtheitsrelation für Ort und Impuls bestimmten Bereichs der Größenordnung $\Delta x \sim \frac{h}{mc}$ bildet sich um jedes Teilchen damit eine „Wolke“ virtueller Teilchen, deren Abmessung von der Masse m der zu berücksichtigenden virtuellen Teilchen bestimmt ist. Diese „Wolke“ ist das Resultat einer über die Zeit gemittelten Vielzahl von Einzelprozessen außerordentlich kurzer Dauer, die alle in Übereinstimmung mit statistischen Gesetzen der Quantentheorie erfolgen. Damit ist auf der Grundlage der gegenwärtigen Theorie für *alle* Teilchen eine Struktur zu erwarten, die über virtuelle Prozesse bestimmt wird, an denen Teilchen teilhaben, die ebenso schwer bzw. schwerer sind als die Teilchen, deren Struktur sie bilden. Charakteristisch für eine so verstandene *Teilchenstruktur* ist ihre wahrscheinlichkeitstheoretisch bestimmte Dynamik. Eine solche Struktur ist nicht mehr das Resultat abgeschlossener Prozesse, sondern eine relativistische Invariante der entsprechenden Prozesse. Die Teilchenstruktur ist also Prozeßstruktur. Damit wird im Bereich der Hochenergiephysik die statische Strukturkonzeption unbrauchbar; Strukturiertheit und Elementarität schließen sich nicht länger aus. Wenn man bereit ist, alle bisher gefundenen Teilchen weiterhin als „elementar“ anzusehen, dann muß man als Besonderheit der entsprechenden Elementaritätskonzeption auch die Vereinbarkeit von Strukturiertheit und Elementarität festhalten. Dabei stößt man auf Teilchenstrukturen, in denen die Eigenschaften der Elemente und der Gesamtheit gleich sind. Die herkömmliche Vorstellung eines aus kleineren Teilen zusammengesetzten Ganzen bricht zusammen. Elementarität (bezogen auf das Verhalten des Teilchens als Ganzes gegenüber anderen realen physikalischen Objekten) und Strukturiertheit (als relativistische Prozeßinvariante einer Vielzahl virtueller Prozesse) sind in einem Objekt „dialektisch verschmolzen.“⁶⁷ Dies kann auch dadurch

⁶⁶ Vgl. H.-U. Gersch, Teilchenbeschleuniger der siebziger und achtziger Jahre, Berlin 1977 (Veröffentlichung der Physikalischen Gesellschaft der DDR).

⁶⁷ V. S. Baraženkov, Elementarnost' i problema struktury mikroob'ektov, in: Sovremennoe estestvoznanie i materialističeskaja dialektika, Moskva 1977, S. 224.

ausgedrückt werden, daß man von der Relativität der Elementarität spricht und den Elementaritätsbegriff in seiner traditionellen Fassung, also als Ausschluß von Strukturiertheit, jeweils an ein bestimmtes Energieintervall bindet.⁶⁸ Im Bereich der Atomphysik, im energetischen Intervall von einigen eV bis zu einigen keV, konnten Atomkern und Elektronen der Hülle noch als elementare Objekte angesehen werden. In der Kernphysik, von einigen keV bis zu einigen hundert MeV, galten Protonen und Neutronen als elementare Objekte und wurden „Elementarteilchen“ genannt. Die Hochenergiephysik, mit Energien oberhalb einiger hundert MeV, hat diesen Begriff jetzt problematisch gemacht.

[192] Aus der Quantenfeldtheorie ergeben sich Möglichkeiten, die komplizierte Struktur verschiedener Teilchen (räumliche Verteilung der Masse, der Ladung und des magnetischen Moments) abzuschätzen, obgleich eine raumzeitliche Interpretation der entsprechenden Größen (Formfaktoren) mit vielen Schwierigkeiten verbunden ist. Man muß sich bei diesen Strukturuntersuchungen mehr oder minder grober Modelle bedienen, die für Nukleonen (Neutronen und Protonen) und geladene Pionen am besten ausgearbeitet sind. Diese Modelle führen auf Bilder von Teilchen mit einem „Kern“ und einer Vielzahl nahezu stetig ineinander übergehender Schichten. Beginnend mit Hofstaedters Elektronenstreuexperimenten an Protonen, die zu einer Verteilung der elektrischen Ladung und des magnetischen Moments im Bereich von 10^{-13} cm geführt haben, werden seit Ende der 50er Jahre die Fragen nach der Struktur von Teilchen an Protonen und geladenen Pionen experimentell untersucht. Dabei nutzt man die Tatsache, daß die Abmessungen des Elektrons etwa um 10^4 Größenordnungen geringer sind als die der Protonen. Das heißt, auf dem Niveau der gegenwärtig experimentell erreichbaren Energien sind Elektronen punktförmige, unstrukturierte Teilchen.

Als Lenin von der „Unerschöpflichkeit des Elektrons“ sprach, nahm er das zu seiner Zeit bekannte „elementarste“ Objekt der Physik, um auf das erkenntnistheoretische Problem der Relativität aller Erkenntnisse über die Materiestruktur hinzuweisen.⁶⁹ Auf dem Erkenntnisniveau der gegenwärtigen Hochenergiephysik bleibt das Elektron weiterhin ein besonders geeignetes physikalisches Objekt für diese philosophische Feststellung. Während die Struktur anderer Teilchen heute im Prinzip schon der experimentellen Forschung zugänglich geworden ist, stellt die experimentelle Untersuchung der Struktur eines Elektrons ein physikalisches Problem der fernen Zukunft dar. Trotzdem weist bereits die gegenwärtige Theorie darauf hin, daß auch die Elementarität dieses Objekts nicht mit seiner Unstrukturiertheit gleichzusetzen ist.

Die Frage nach der Struktur der „Elementarteilchen“ verweist also brennpunktartig auf die Problematik der „Elementarität“ dieser Objekte. Analysiert man die Vielfalt der Prozesse, an denen sie teilhaben, wird dieses Problem noch weiter zugespitzt; abgesehen davon, daß es allein wegen der großen Zahl inzwischen bekannt gewordener „Elementarteilchen“ bereits schwerfällt, sie im traditionellen Sinne alle als „elementar“ zu akzeptieren.

Die Mehrzahl der Teilchen ist instabil. Sie nehmen an verschiedenen Umwandlungsprozessen teil. Beim Zusammenstoß eines Teilchens mit seinem Antiteilchen werden Photonen erzeugt (Annihilationsprozesse). Aus Photonen können Teilchen und Antiteilchen entstehen (Paarbildung). Damit ist die gegenseitige Umwandlung [193] von Teilchen ohne Ruhemasse (Strahlung) und Teilchen mit Ruhemasse (Stoff) möglich.

Die „Elementarteilchen“ lassen sich in der ihnen adäquaten Quantentheorie nicht als Massenpunkte auf einer Raumzeitkurve beschreiben. Ihre Eigenschaften werden durch Quantenzahlen ausgedrückt, die Erhaltungssätzen genügen. Scheinbare Verletzungen dieser Erhaltungssätze wurden in der Geschichte der Hochenergiephysik mehrfach durch die Annahme neuer Teilchen verhindert. So wurde beispielsweise zur „Rettung“ des Energieerhaltungssatzes beim β -Zerfall 1934 von Pauli das Neutrino hypothetisch eingeführt, das erst sehr viel später experimentell auch gefunden werden konnte.

Die in den Quantenzahlen ausgedrückten Eigenschaften der „Elementarteilchen“ können wegen der Gültigkeit von Erhaltungssätzen keine Größen isolierter Teilchen mit an sich bestimmten Qualitäten sein, durch deren Wechselwirkung sich dann die beobachtete Vielfalt materieller Objekte ergibt. In

⁶⁸ Vgl. P. Möbius, Elementarteilchen, in: Physik für Lehrer, Bd. 12, Berlin 1979, S. 180 ff.

⁶⁹ W. I. Lenin, Materialismus und Empirio-kritizismus, in: Werke, Bd. 14, Berlin 1968, S. 262.

der gegenseitigen Umwandelbarkeit dieser Mikroobjekte erweisen sich bestimmte ihrer Eigenschaften als Resultat der entsprechenden Wechselwirkung.

Auf der Grundlage eines außerordentlich komplizierten Bildes vielfältigster gegenseitiger Umwandlungsprozesse der „Elementarteilchen“ ist die Vorstellung nicht aufrechtzuerhalten, mit diesen Teilchen die Grundbausteine aller materiellen Objekte zu besitzen. Als solche müßten sie *unveränderlich* sein und nicht mehr aus Konstituenten bestehen. Unveränderlich sind sie also keineswegs. Es ergibt sich die Frage, ob sie nicht auch noch in elementarere *Konstituenten* zerlegbar sind.

Die Zerfallsprozesse instabiler Teilchen liefern noch keinen Hinweis auf deren Teilbarkeit oder deren Aufbau aus noch elementareren Bestandteilen. Unter den Zerfallsprodukten sind immer auch solche Teilchen, deren Masse mit der Masse des zerfallenden Teilchens vergleichbar ist. Das heißt, der Massendefekt ist von der Größenordnung der Masse der beteiligten Teilchen. Es wäre daher völlig falsch, die Zerfallsprodukte als Konstituenten des zerfallenden Teilchens anzusehen. „Elementarteilchen“ lassen sich also nur als *relativ* elementare physikalische Objekte charakterisieren, die als Ganzes in Wechselwirkungsprozessen auftreten. Die Relativität der Elementarität auf dieser Stufe der Erkenntnis der Materiestruktur gilt es weiter zu präzisieren.

Die „Elementarteilchen“physik ist entgegen den zu Beginn der 30er Jahre ausgesprochenen Erwartungen bis heute keine Physik der Grundbausteine materieller Objekte, sondern die Physik von Teilchengesamtheiten und deren in der Wechselwirkung bestimmten Gesetzmäßigkeiten. Es geht darum, diese Gesetze zu erkennen und eine Klassifikation der Teilchen entsprechend den für die jeweiligen Prozesse gültigen Erhaltungssätzen und der ihnen zugrundeliegenden Symmetrien auszuarbeiten. Dabei haben sich gruppentheoretische Betrachtungen bewährt. Mit den Erfolgen solcher Klassifizierungen wurde aber zugleich wieder [194] die Frage nach der möglichen Existenz weiterer elementarer Bausteine der bisher bekannt gewordenen Mikroobjekte aufgeworfen. In der Hochenergiephysik spricht man heute deshalb zumeist nicht mehr von „Elementarteilchen“, sondern nur noch von „Teilchen“ und sucht nach deren Fundamenteilchen.

3.1.2. Auf der Suche nach Fundamenteilchen

1964 wurde von M. Gell-Mann und G. Zweig ein Modell des Hadronenaufbaus vorgeschlagen, das, in der Zwischenzeit weiterentwickelt, unter den Spezialisten gegenwärtig als der perspektivreichste Lösungsversuch der Atomismusproblematik auf dem zur Zeit energetisch zugänglichen Niveau der Materiestruktur angesehen wird.⁷⁰ Nach diesem Modell waren ursprünglich alle Hadronen (stark wechselwirkende Teilchen) aus 3 verschiedenen Quarks aufgebaut (*u, d, s*). In seiner am weitesten verbreiteten Fassung besitzen die Quarks gebrochene Ladungen und gebrochene Baryonenzahlen. Fundamenteilchen werden also dadurch charakterisiert, daß bestimmte Größen von Eigenschaften der Teilchen auf elementarere Objekte aufgeteilt werden. Damit ist aber auch weiterhin keine räumliche Teilung verbunden.

Im Quarkmodell sind die Mesonen immer gebundene Zustände eines Quarks und eines Antiquarks $q\bar{q}$, während die Baryonen gebundene Zustände dreier Quarks $qq\bar{q}$ darstellen. Trotz intensiver Suche konnten bislang keine Hadronen gefunden werden, die sich nicht als qq bzw. qqq verstehen lassen. Zu den Anfangserfolgen dieses Modells zählt die Voraussage des Ω -Teilchens und seiner Eigenschaften. Das Modell gestattet außerdem die Massenverhältnisse verschiedener Hadronen in guter Näherung zu berechnen und deren Anregungsspektren zu begründen. Für relativistische Lepton-Hadron-Streuungen haben sich experimentell Strukturfunktionen ergeben, die durch die Hypothese der Streuung an punktförmigen Konstituenten des Hadrons deutbar sind (Feynmansches Partonenmodell). Mit diesem dynamischen Modell wird zugleich auch das statische Quarkmodell gestützt, das von punktförmigen Teilchen ausgeht.

⁷⁰ Vgl. G. Morpugo, Quarks and Hadronic Structure, New York–London 1977; U. Kundt/K. Lanius, Der moderne Atomismus, in: DZfPh, 2/1979, S. 203 ff.; K. Lanius, Elementarteilchen, in: Sitzungsberichte der AdW der DDR, 15/N/1977, Berlin 1977; J. Ranft, Zur Entdeckung neuer schwerer Teilchen, in: Sitzungsberichte der AdW der DDR, 3/N/1977, Berlin, 1977; A. Zichichi, New Phenomena in Subnuclear Physics, New York – London 1975.

Neben diesen Erfolgen des Quarkmodells sind aber auch eine Reihe von Schwierigkeiten nicht zu übersehen. Bislang ist es beispielsweise nicht gelungen, freie Quarks zu finden. Während man zunächst dazu neigte, den Quarks so große Ruhemassen zuzuschreiben, daß sie bei den gegenwärtig experimentell verfügbaren Energien nicht zu erzeugen wären, geht man heute von der Vorstellung permanent gebundener Quarks aus. Damit wird die Forderung der Teilbarkeit beobachtbarer Teilchen aufgegeben, ohne allerdings die Konstituentenkonzepktion fallenzulassen. Mit einem so verstandenen Quarkmodell liegt eine neue Variante einer einzelwissenschaftlichen Atomismuskonzepktion vor, die Grundbausteine materieller Objekte zuläßt, aber die Isolation dieser Grundbausteine verbietet. Analog der Situation bei den virtuellen Prozessen wird die Frage nach der physikalischen Realität dieser Objekte zu einem akuten philosophischen Problem.⁷¹

Eine weitere Schwierigkeit ergab sich für das Quarkmodell aus der Tatsache, daß Quarks Fermionen sein müssen und folglich dem Pauli-Prinzip zu gehorchen haben. Im Grundzustand eines Baryons sind nach den ursprünglichen Vorstellungen aber drei Quarks im gleichen energetischen Zustand gebunden. Entweder man ändert die Statistik oder führt bei Beibehaltung der Fermi-Statistik eine neue Quantenzahl ein. Man hat sich für letzteres entschieden und die neu eingeführte Quantenzahl, die drei Werte annehmen kann, „Colour“ (Farbe) genannt. Damit verdreifacht sich die Zahl der Quarks, und zugleich wurden eine Reihe anderer Probleme dieses Modells gelöst (Renormierbarkeit, bessere Übereinstimmung der berechneten und der beobachteten relativen Häufigkeiten einiger Reaktionen).

Aus dem Verständnis der starken Wechselwirkung auf der Grundlage der Eichfeldtheorien folgt die Existenz eines weiteren Quarks, des „Charms“ (c), das mit seinem Antiteilchen ein Meson bilden muß, welches 1974 auch tatsächlich gefunden werden konnte. Damit wurde sowohl das Quarkmodell als auch die entsprechende Eichfeldtheorie der starken Wechselwirkung gestützt.

Auf der Grundlage bisheriger Erkenntnisse der Hochenergiephysik lassen sich weitere Quarks vermuten, „Top“ (t) und „Bottom“ (b). Sie werden aus Symmetriegründen vor allem durch die neu gefundenen Leptonen (τ) und die ihnen zugehörigen Neutrinos nahegelegt. Damit ergibt sich eine Möglichkeit, alle bisher bekannten Teilchen aus Fundamentalteilchen aufzubauen. Während die Leptonen auf unserem gegenwärtigen Erkenntnisstand aus keinen weiteren Konstituenten, bestehen, sind die Hadronen aus Quarks aufgebaut. Die physikalischen Konstituenten aller materiellen Objekte wären durch folgendes Schema erfaßt:

$$\left[\begin{array}{ccc} e^- & \mu^- & \tau^- \\ \tilde{\nu}_e & \tilde{\nu}_\mu & \tilde{\nu}_\tau \end{array} \right] \left[\begin{array}{ccc} u & s & t \\ d & c & b \end{array} \right] \quad [196]$$

+ Austauschquanten elektromagnetischer Wechselwirkung γ (Photonen)

+ Austauschquanten schwacher Wechselwirkung $w^\pm; z$ (Bosonen)

+ Austauschquanten starker Wechselwirkung g (Glyonen)

+ Gravitationswechselwirkung.

Die experimentellen und theoretischen Erfolge dieses Vorgehens sind gegenwärtig so überzeugend, daß die Mehrzahl der Spezialisten den Atomismus auch auf der Ebene der ursprünglich als „Elementarteilchen“ bezeichneten Mikroobjekte für fruchtbar hält. In diesen Fundamentalteilchen kann man die Präzisierung der Relativität der Elementarität von Objekten auf der vorher untersuchten höheren Stufe der Materiestruktur erblicken. Zugleich aber sind wir Zeuge einer zunehmend komplizierter werdenden Elementaritätskonzepktion. Als elementar, wie die bisherige Dialektik des Erkenntnisprozesses lehrt: relativ elementar, werden *gleichzeitig* sowohl Objekte angesehen, die als freie Teilchen vorkommen (Leptonen), als auch Objekte, die entweder nur virtuell bei Wechselwirkungsprozessen auftauchen, diese also als Prozeß konstituieren (Austauschquanten), oder die vermutlich nur in gebundenen Zuständen vorkommen (Quarks).

⁷¹ Vgl. V. V. Bažan/P. S. Dyšlevyj/V. S. Luk'janec, Dialektičeskij materializm i problema real'nosti v sovremennoj fizike, Kiev 1974; L. G. Antipenko, Problema fizičeskoj real'nosti, Moskva 1973.

Die Kompliziertheit einer solchen „Elementaritätskonzeption“ könnte darauf hindeuten, daß mit dem nächst niederen Niveau der Materiestruktur die Möglichkeiten des Atomismus noch weiter eingeschränkt werden. Es ist daher die Frage zu stellen, ob ausgehend von bisherigen Erkenntnissen der Hochenergiephysik *letzte* physikalische Grundbausteine materieller Objekte theoretisch denkbar sind. Da bereits das materielle Strukturniveau der gegenwärtig bekannten Fundamentalteilchen noch zahlreiche experimentell und theoretisch ungeklärte Fragen bereithält und das Niveau unterhalb dieser Strukturebene experimentell überhaupt noch nicht zugänglich ist, handelt es sich bei einer solchen Frage um eine höchst spekulative Problemstellung. Man kann sie sinnvoll nur im Rahmen bisher bewährter Theorien erörtern. Selbst wenn die Vorstellung von der Existenz einer solchen Objektebene berechtigt sein sollte, ist nicht ohne weiteres sicher, ob die theoretischen Prinzipien der gegenwärtigen Physik dort noch annähernd adäquat objektive Sachverhalte erfassen. Insofern lautet die oben gestellte Frage also richtiger: Welches sind die elementarsten Objekte einer Quantentheorie? Wie weit können atomistische Konzeptionen auf der Grundlage der Quantentheorie heute bereits vorangetrieben werden?

Ein solches Problem hat C. F. v. Weizsäcker im Rahmen seines konstruktiven Versuchs zur Einheit der Physik erörtert.⁷² Dabei wurde von ihm und seinen Mitarbeitern eine Konstituentenkonzeption materieller Objekte entwickelt, in der [197] als elementarste Objekte sogenannte „Ure“ auftreten. Das sind Objekte, die nur zwei Zustände haben können, also informationstheoretisch gesprochen Alternativentscheidungen darstellen. Man geht im Rahmen eines Modells mit derartigen Konstituenten davon aus, daß in der Quantentheorie die Komposition von Objekten der Produktenregel der Wahrscheinlichkeitstheorie folgt; entsprechende Hilberträume werden multiplikativ aus den Hilberträumen der elementaren Objekte zusammengefügt. Ein Charakteristikum derartigen Operationen ist, daß die elementaren Objekte innerhalb eines komplizierten Objektes nicht mehr isolierbar sind. Alle materiellen Objekte lassen sich zwar theoretisch aus elementarsten Objekten konstruieren, sie lassen sich aber nicht räumlich in diese zerlegen. Wir haben es wieder mit einer atomistischen Konstituentenkonzeption zu tun, die unvereinbar mit traditionellen Teilbarkeitsauffassungen komplizierter Objekte ist.

Ein solches theoretisches Modell gestattet es, die Zahl der erforderlichen Elementarobjekte abzuschätzen, um die zur Zeit experimentell untersuchten Teilchen aufzubauen. Damit kann zumindest verdeutlicht werden, daß auf der Ebene gegenwärtiger Theorien (Quanten- und Relativitätstheorie) die Möglichkeiten atomistischer Konzeptionen noch längst nicht erschöpft sind.

Abgesehen davon, daß dieses Modell auf ein derart tiefes physikalisches Strukturniveau hinabsteigt, daß es außerordentlich schwerfällt, sinnvolle physikalische Interpretationen für die Konstituenten materieller Objekte zu geben, ist bislang aber auch der Aufstieg von diesem Niveau zu beobachtbaren Teilchen ein ungelöstes Problem. Solange es im Rahmen eines solchen Modells nicht gelingt, wenigstens die Möglichkeit beobachtbarer Teilchen zu begründen und ihre Eigenschaften abzuschätzen, bleiben derartige Überlegungen im philosophisch-weltanschaulichen Vorfeld zukünftiger physikalischer Grundlagenforschung. Ähnliches gilt für alle bisher diskutierten Alternativen zum Atomismus.

3.2. Alternativen zum Atomismus

Obgleich auch in der gegenwärtigen Hochenergiephysik das atomistische Konzept bislang außerordentlich fruchtbar war, gibt es eine Reihe physikalischer und philosophischer Gründe, die Alternativen zu diesem Konzept nicht völlig aus dem Auge zu verlieren. In der Teilchenphysik wird man immer wieder auf Symmetrien geführt. Wie wenn die elementarsten Objekte der Physik nicht die Teilchen wären, sondern die Asymmetrien bzw. Symmetrien eines einheitlichen Feldes? Davon ging Heisenberg aus. Der Gedanke der Nichtisolierbarkeit von Teilchen kann, erinnert man sich an die Diskussionen zur Teilchenstruktur, bis zu der Überlegung weitergeführt werden, daß für den Aufbau eines Teilchens alle anderen benötigt werden. Davon läßt sich die „Bootstrap“-Hypothese von Chew leiten.

⁷² Vgl. C. F. von Weizsäcker, Die Einheit der Natur, a. a. O., S. 129 ff.; C. F. von Weizsäcker, Quantentheorie elementarer Objekte, in: Nova acta Leopoldina, N. F., Bd. 49, Nr. 230, Halle 1978.

[198] In den bisherigen Modellen der Teilchenphysik wurde völlig vernachlässigt, daß jedes Teilchen eingebettet ist in einen kosmologischen Zusammenhang. Wie, wenn es erforderlich wäre, zum Verständnis der elementarsten Objekte die Gesetzmäßigkeiten der komplexesten Objekte zu berücksichtigen? Es gibt einige sehr spekulative Versuche, die Gravitation in den Teilchenmodellen der Hochenergiephysik zu berücksichtigen und damit neben den lokalen Charakteristika auch globale in die Betrachtung mit einzubeziehen.

3.2.1. Heisenbergs einheitliche Feldtheorie

Im Mittelpunkt der Heisenbergschen Überlegungen zu einer einheitlichen „Elementarteilchen“theorie stand seit Ende der 40er Jahre die Umwandelbarkeit der Teilchen ineinander. Er sah deshalb in Demokrits Atomismuskonzeption eine die Hochenergiephysik desorientierende Philosophie. Heisenberg bevorzugte Platons Philosophie, nach der alles materiell Existierende Abbild von Ideen ist.⁷³ Die dialektisch-materialistische Kritik an Heisenbergs diesbezüglichen Auffassungen hat zeigen können, daß sein philosophisches Problem eigentlich in der Annahme einer Urmaterie besteht.⁷⁴ Wie Einstein ging er dabei von einem Feld aus. Die Teilchen galten ihm nur als Erregungen dieses Feldes, und es kam darauf an, dessen physikalische Eigenschaften festzulegen. Die Entdeckung der Nichterhaltung der Parität durch Yang und Lee führte ihn zu der Annahme, daß sich Symmetrien erst als Folgen der Feldgleichung ergeben, der Grundzustand des Feldes aber entartet sei. Neben diesem entarteten Grundzustand ist es die indefinite Metrik des Hilbertraums gewesen, die immer wieder Anlaß zur Kritik an der Heisenbergschen „einheitlichen Feldtheorie der Elementarteilchen“ gegeben hat.

In Diskussionen wurde die Auffassung vertreten, daß der Grundzustand eines solchen Feldes symmetrisch sein müsse und daß die mit der indefiniten Metrik zusammenhängenden Korrekturen der Raum-Zeit-Auffassungen (Einführung einer Elementarlänge) und der Mikrokausalität nicht erforderlich seien. In der Tat sind die Erfolge mit der S-Matrix nicht zuletzt auf die Beibehaltung der Mikrokausalität zurückzuführen.⁷⁵ Außerdem gibt es bis heute keine experimentellen [199] Hinweise, die von der Notwendigkeit zeugen, bisherige Raum-Zeit-Auffassungen im Mikrobereich durch Einführung einer Elementarlänge zu verändern. Es gibt allerdings auch keinen gegenteiligen Beweis. Dafür jedoch häufen sich die Hinweise, daß raumzeitliche Beziehungen für die Mikroobjekte ohne Bedeutung geworden sind. Mit der weiteren philosophischen Analyse bedarf es vor allem neuer physikalischer Forschungsergebnisse, um in dieser Frage weiterzukommen.⁷⁶

Die ursprünglichen Hoffnungen Heisenbergs, mit der „einheitlichen Feldtheorie“ bald das Spektrum der bekannten Teilchen zu errechnen, haben sich nicht erfüllt. Die Fülle der auf diesem Wege zu überwindenden Schwierigkeiten hat nicht abgenommen, sondern eher zugenommen. Dürr meint zwar, die Zunahme der Konstituenten innerhalb des Quarkmodells als Hinweis auf die Notwendigkeit deuten zu können, für das elementarste Objekt eine unendliche Anzahl von Freiheitsgraden wählen zu müssen, also von einem Feld und nicht von endlichen Konstituenten materieller Objekte auszugehen.⁷⁷ Eine „einheitliche Feldtheorie“ kann aber physikalisch mit dem Quarkmodell nur dann konkurrieren, wenn sie mindestens dessen Ergebnisse auch liefert. Bislang scheint der Heisenbergsche Ansatz physikalisch unterbestimmt zu sein.

Mit der Bedeutung des Grundzustandes innerhalb des Heisenbergschen Ansatzes wird auf einen möglichen Zusammenhang von Kosmologie und „Elementarteilchen“theorie verwiesen. Die Bestimmung

⁷³ Vgl. W. Heisenberg, *Der Teil und das Ganze*, a. a. O.; C. F. von Weizsäcker, *Der Garten des Menschlichen*, München 1977, S. 319 ff.

⁷⁴ Vgl. [H. Hörz, Werner Heisenberg und die Philosophie, Berlin 1966](#), S. 216 ff.

⁷⁵ Vgl. D. I. Blochinzev, *O pričinnosti v sovremennoj teorii polja*, in: *Sovremennij determinizm zakony prirody*, Moskva 1973, S. 365-374; V. S. Baraženkov/F. G. Zeregi, *Prinzip pričinnosti v sovremennoj fizike elementarnych častic*, in: *Sovremennij determinizm i nauka*, Bd. II, Novosibirsk 1975, S. 229-245; V. N. Bajer, *Pričinnost' i nekotorye problemy fiziki elementarnych častic*, in: *Sovremennij determinizm i nauka*, Bd. II, a. a. O., S. 246-264.

⁷⁶ Vgl. M. D. Achundov, *Problema preryvnosti i nepreryvnosti prostranstva i vremeni*, Moskva 1974; D. I. Blochinzev, *Prostranstvo i vremja v mikromire*, Moskva 1970.

⁷⁷ Vgl. H. P. Dürr, *Zum gegenwärtigen Stand der Theorie der Elementarteilchen*, in: *75 Jahre Plancksches Wirkungsquantum – 50 Jahre Quantenmechanik*, in: *Nova Acta Leopoldina, Supplementum Nr. 8, Bd. 44, Halle 1976*, S. 37 ff.

des Grundzustands setzt Kenntnis über die Materiestruktur in kosmischen Dimensionen und den Einfluß dieser Struktur auf das Elementarteilchenverhalten voraus. Der Erfolg der Quarkhypothese legt dagegen nahe, daß dieser Zusammenhang auf der Ebene der ursprünglich als „Elementarteilchen“ bezeichneten Objekte noch vernachlässigbar ist.

3.2.2. Chews Bootstrap-Hypothese

Ein anderer Versuch, die gegenseitige Umwandelbarkeit der Teilchen zum Ausgangspunkt eines theoretischen Ansatzes für die Theorie stark wechselwirkender Teilchen zu machen, liegt in Chews Bootstrap-Hypothese vor. Danach sind die stark wechselwirkenden Teilchen so miteinander verbunden, daß jedes Teilchen eigentlich die Wechselwirkung anderer Teilchen repräsentiert. Folglich wären keine Fundamenteilchen zur Erklärung der Teilchenstruktur erforderlich, sondern [200] die Struktur wäre die Beziehung der existierenden Teilchen, die stark miteinander wechselwirken. Teilchen existierten nicht mehr für sich, sie werden erst in der Wechselwirkung konstituiert. Es gäbe keine Eigenschaften individueller Teilchen; alle Eigenschaften wären das Resultat von Wechselwirkungen.

Diese Konzeption einer Vielfalt miteinander wechselwirkender Objekte vermag ebenfalls nicht auf annähernd solche Erfolge wie das Quarkmodell zu verweisen. Bislang gelang es nur, äußerst grobe Modelle zu berechnen, in denen die Wechselwirkung von zwei bzw. drei Teilchensorten untersucht wurden. Es ist prinzipiell ungeklärt, ob im allgemeinsten Falle ein geschlossenes Gleichungssystem möglich ist, das solche Lösungen hat, die die Eigenschaften aller Teilchen, einschließlich ihrer Struktur, beschreibt. Im Unterschied zu Heisenbergs Programm arbeitet Chews Modell nicht mit unendlichen Freiheitsgraden. Da es die Individualität der Teilchen in der Theorie völlig aufhebt und die Eigenschaften eines einzelnen Teilchens immer als Eigenschaften der Teilchengesamtheit darstellt, enthält es eine holistische Alternative zum Atomismus. Indem es aber eine endliche Teilchengesamtheit betrachtet und unterhalb des Niveaus der bisher bekannten Teilchen keine weiteren annimmt, wäre es zugleich auch mindestens gegenwärtiger Endpunkt atomistischer Konzeptionen.

3.2.3. Kosmologische Überlegungen innerhalb der Hochenergiephysik

Die Möglichkeit, daß Quarks massereiche, energetisch noch nicht zugängliche Teilchen sind, die Tatsache, daß in der jüngsten Vergangenheit neue massereiche Teilchen gefunden wurden, und andere Fakten lassen die Frage entstehen, ob es eigentlich eine obere Massengrenze für Fundamenteilchen gibt oder ob beliebig große Massen zulässig sind. Eine Abschätzung dieser Massengrenze ergibt sich aus dem asymptotischen Verhalten der starken, elektromagnetischen und schwachen Wechselwirkung für extrem große Energien. Danach ist zu erwarten, daß diese Grenze bei Massen größer als 10^4 GeV liegt, also mindestens um eine Größenordnung oberhalb der gegenwärtig experimentell verfügbaren Energien.

Eine andere Abschätzung dieser Massenobergrenze ist in der Gravitationstheorie auf der Grundlage der Untersuchungen sogenannter abgeschlossener oder halbabgeschlossener Welten möglich. Eine abgeschlossene Welt läßt sich, wenn das Gesamtsystem elektrisch neutral ist, sowohl mit beliebig kleinen als auch beliebig großen Massen erreichen. Wichtig ist lediglich, daß die Massendichte *in* dieser Welt einen bestimmten kritischen Wert erreicht. Bei Annäherung an diesen Wert wächst der Gravitationsmassendefekt; die Gesamtmasse und der äußere Radius des Systems streben gegen Null. Der innere Radius allerdings – also jener, den ein Beobachter *in* dieser Welt wahrnimmt – kann bei ent-[201]sprechend großer Ausgangsmasse beliebig groß sein. Er kann also prinzipiell kosmische Dimensionen haben. Haben wir es mit einem System der elektrischen Ladung Q zu tun, dann geht die Masse des Gesamtsystems bei Erreichen der kritischen Dichte nicht gegen Null, sondern gegen $\frac{Q}{x}$, wobei x die Gravitationskonstante ist. Es bildet sich eine halbgeschlossene Welt. Berücksichtigt man nicht nur den Beitrag des elektromagnetischen Feldes, sondern auch den der anderen Felder, dann kann die Gesamtmasse einer halbgeschlossenen Welt derart klein werden, daß sie der bekannter Teilchen nahekommt. Gegenüber der äußeren Welt verhält sich eine halbgeschlossene Welt also wie ein Mikroobjekt, stellt aber selbst einen ganzen Kosmos dar. Mit diesen von M. A. Markov als „Fridmonen“ bezeichneten Objekten liegt eine interessante Präzisierung des philosophischen

Gedankens von der Unerschöpflichkeit der Materiestruktur vor. Mikro- und Makrophysik könnten danach nur noch sehr bedingt getrennt werden, führten vielmehr immer wieder auf ihren wechselseitigen Zusammenhang. Atomistische und holistische Konzeptionen schlossen einander nicht aus, sondern ständen in einem unauflösbaren Zusammenhang.

Das Modell der Fridmonen liefert gegenwärtig Objekte, deren Kern von der Größenordnung 10^{-30} cm und deren äußere Atmosphäre infolge einer Vielfalt von Quantenprozessen von der Größenordnung 10^{-13} cm ist. Solange aber noch eine folgerichtige Synthese der Gesetze der Quantentheorie mit denen der Allgemeinen Relativitätstheorie aussteht, verweisen die von D. D. Ivanenko, M. A. Markov, K. P. Stanjukovič und anderen unternommenen Bemühungen, die Gravitation in der Hochenergiephysik zu berücksichtigen,⁷⁸ lediglich auf *eine* weitere, noch zu analysierende Möglichkeit der Relativierung oder dialektischen Aufhebung atomistischer Konzeptionen hin. Sie entziehen sich gegenwärtig jeglicher experimenteller Überprüfung und sind daher auch philosophisch nur mit großer Vorsicht zu erörtern.

3.3. Die Notwendigkeit einer dialektischen Atomismuskonzeption

Die bisherigen Erkenntnisse in der Hochenergiephysik führen uns zu der Feststellung, daß mit modifizierten Atomismuskonzeptionen in der jüngsten Ver-[202]gangenheit sichtbare Fortschritte erzielt wurden, während alle als Alternative zum Atomismus aufgefaßten Ansätze entweder über erste Überlegungen noch nicht hinausgekommen bzw. auf schier unüberwindliche Schwierigkeiten gestoßen sind. Die *philosophische* Analyse entsprechender physikalischer Ansätze erbrachte keine Gründe, einen der oben diskutierten Versuche als unberechtigt zu verwerfen. Über ihre Fruchtbarkeit können allein die mit ihrer Hilfe erzielten *physikalischen* Resultate entscheiden. Aufgabe *philosophischer* Forschung aber ist es, anhand des vorliegenden Materials zu heuristisch wirksamen Verallgemeinerungen zu kommen.

Bezüglich der als Alternativen zum Atomismus aufgefaßten Konzeptionen gilt es festzuhalten, daß in allen drei hier diskutierten Varianten die Ablehnung des Atomismus auf Momente des Holismus führt. Dies ist verständlich. Wenn die materiellen Objekte nicht aus elementaren materiellen Objekten zusammengesetzt sein sollten, dann müßten sie theoretisch beliebig oft zerlegbar sein. Das Konzept des dialektisch relativierten Atomismus, nach dem zu jeder materiellen Strukturebene die entsprechenden Substrukturen zu erforschen sind, wäre dann zwar auch noch anwendbar, verspräche aber niemals Vollständigkeit der Beschreibung. Die wäre nur über ein alternatives, also ein holistisches Vorgehen erreichbar. Dabei taucht dann aber immer wieder die Frage auf, wie ein solches Verfahren zu einer konsistenten, relativ abgeschlossenen und die Gesetze der objektiven Realität widerspiegelnden Theorie führen kann. Um die Gesetze eines Objekts adäquat zu erfassen, wäre es möglicherweise erforderlich, den universellen Zusammenhang aller materiellen Erscheinungen und Prozesse in seiner Totalität zu berücksichtigen, was praktisch nicht zu realisieren ist.

Die prinzipielle Auseinandersetzung um den Atomismus auf der Ebene der Physik wird letztlich zu einer Entscheidung darüber, ob für den Prozeß der physikalischen Erkenntnis der Materiestruktur ein Grenzwert existiert und wie dieser Grenzwert aussieht. Mit der materialistischen Dialektik liegt ein philosophisches Instrumentarium vor, das die Existenz eines solchen Grenzwerts in der objektiven Wahrheit zu behaupten gestattet, ohne diesen Grenzwert auf die Alternativentscheidung „entweder Atomismus oder Holismus“ festlegen zu müssen und ohne in irgendeiner Form zum unerkennbaren Kantschen „Ding an sich“ zurückzukehren. Eine solche philosophische Feststellung mag zunächst physikalisch unbefriedigend erscheinen, weil sie relativ unbestimmt ist und daher eine Vielfalt von Forschungsstrategien weiterhin zuläßt. Die Synthese einander so widersprechender Konzeptionen wie der des Atomismus und des Holismus ist aber zugleich genügend bestimmt, um gegenwärtig vor allem auf die Notwendigkeit einer dialektischen Atomismuskonzeption hinzuweisen, dabei die

⁷⁸ Vgl. D. D. Ivanenko, Gravitation and unit unified picture of matter, in: Atti del congresso sulla relativita generale, Florence 1965, p. 205-209; M. A. Markov, O prirode materii, Moskva 1976; K. P. Stanjukovič, Gravitacionnoe pole i elementarnye časticy, Moskva 1965; K. P. Stanjukovič/S. M. Kolesnikov/V. M. Moskovin, Problemy teorii prostranstva, vremeni i materii, Moskva 1968.

Möglichkeit ihrer dialektischen Aufhebung im Auge zu behalten und die Ansätze zur Dialektik aus den vorliegenden einzelwissenschaftlichen Ansätzen herauszupräparieren.

In der relativ kurzen Geschichte der Hochenergiephysik wurde das Konzept [203] des Atomismus bereits entscheidend präzisiert. Auf der Ebene der „Elementarteilchen“ faßte man die Relativität der Elementarität dieser Objekte so, daß Elementarität und Strukturiertheit miteinander verträgliche Eigenschaften wurden. Auf der Ebene der Fundamentarteilchen wurden dann die elementarsten Objekte wieder als punktförmige Konstituenten mit eingprägten Eigenschaften aufgefaßt, die aber im Falle der stark wechselwirkenden Teilchen nur in permanent gebundenen Zuständen zu existieren scheinen. In der Entwicklung der Hochenergiephysik wurden die Vorstellungen der metaphysischen Atomismuskonzeption aufgegeben, nach der das Elementare an sich existiert und erst in der Wechselwirkung mit anderen elementaren Objekten kompliziertere Objekte bilden kann. Die für die gegenwärtige Hochenergiephysik fruchtbare Atomismuskonzeption berücksichtigt die vorliegenden Erkenntnisse über die Dialektik von Elementarität und Strukturiertheit, von Struktur und Prozeß, von Teil und Ganzem, von Kontinuität und Diskontinuität, von Notwendigkeit und Zufall, von Symmetrie und Asymmetrie und wird zu weiteren Präzisierungen dieser Kategorien führen.⁷⁹

Die Fruchtbarkeit einer dialektischen Atomismuskonzeption weist darauf hin, daß auf den tieferen Ebenen der Materiestruktur ebenso wie auf den höheren objektiv die Möglichkeit besteht, bestimmte Objekte in der theoretischen Betrachtung zu isolieren, die ihnen eigenen Systemgesetze zu erforschen und deren Zusammenhang mit den Systemgesetzen des entsprechend niederen und höheren Struktur-niveaus über wissenschaftlich berechnete Reduktionen aufzuklären, ohne in Reduktionismus zu verfallen. Der philosophische Gedanke von der Strukturiertheit der Materie bewährt sich also auch in Bereichen, die bislang der physikalischen Forschung noch verschlossen waren.

Sollte beim weiteren Eindringen in die Tiefen der Materiestruktur in der physikalischen Grundlagenforschung die dialektische Aufhebung des Atomismus erforderlich werden, dann würden damit neue Erkenntnisse über die Dialektik des Zusammenhangs der verschiedensten materiellen Struktur-niveaus gewonnen, von denen wir auch auf der Grundlage bisheriger Erkenntnisse heute bereits wissen, daß sie nicht in der metaphysischen Isolation existieren. [220]

⁷⁹ Dazu liegen in der philosophischen Fachliteratur eine Reihe spezieller Untersuchungen vor. Hier sei neben den bereits genannten Arbeiten vor allem verwiesen auf: V. S. Gott, *Filosofskie voprosy sovremennoj fiziki*, Moskva 1972; V. I. Kuznecov, *Filosofskij analiz osnovanij fiziki elementarnych častic*, Kiev 1977; N. F. Ovčinnikov, *Principy sochranenija*, Moskva 1966; *Prinzip simmetrii*, Moskva 1978; Ju. A. Urmanzev, *Simmetrija prirody i priroda simmetrii*, a. a. O. Weitere Literaturangaben finden sich bei: I. A. Akčurin/N. I. Stepanov/A. Tursunov, *Filosofskie voprosy fiziki elementarnych častic*. in: *Filosofskie voprosy estestvoznaniija*, čast' 1, Moskva 1976, S. 188-214.

5. Einheit der Physik [In Zusammenarbeit mit Ulrich Röseberg]

Die großen Fortschritte der experimentellen und theoretischen Physik seit der Jahrhundertwende wurden nicht zuletzt in einer systematischen Fortführung des von Galilei, Newton, Maxwell, Boltzmann und anderen Physikern der vergangenen Jahrhunderte begründeten und weiterentwickelten wissenschaftlichen Vorgehens erzielt. Ausgehend von dieser Kontinuität beim Betreiben der Wissenschaft Physik kam es zu revolutionären Veränderungen sowohl in der experimentellen Technik als auch im Theoriengebäude. Mit der Nutzung radioaktiver Präparate, der Entwicklung der Kernenergetik und kernphysikalischen Technik, dem Bau riesiger Teilchenbeschleuniger und vielfältigster astrophysikalischer Beobachtungseinrichtungen, der Entwicklung von Halbleitern und anderen neuen Materialien, der Quantenelektronik und dem Bau mehrerer Generationen von elektronischen Rechnern sowie zahlreichen anderen Neuentwicklungen [221] kam es innerhalb einer relativ kurzen Zeit zu wesentlichen Veränderungen weiter Bereiche der experimentellen Physik. Die Weiterentwicklung der Thermodynamik und der statistischen Physik bis hin zu Rahmentheorien für Evolutionsprozesse, die Entwicklung der Relativitäts- und Gravitationstheorie mit den entsprechenden kosmologischen Weltmodellen, der Quantentheorie bis hin zur „Elementarteilchen“-problematik und der physikalischen Theorien komplexer Objekte (Festkörper, Flüssigkeiten, Plasma u. ä.) haben zu wesentlichen Veränderungen in der theoretischen Physik geführt. Die Einheit der Physik ist gegenwärtig eines der besonders wichtigen methodologischen Probleme, das zugleich von großer weltanschaulicher und erkenntnistheoretischer Brisanz ist. Wir haben es hier mit einem anhaltenden Prozeß der Spezialisierung beim gleichzeitigen Versuch einer einheitlichen Bestimmung des Wesens physikalischer Forschung zu tun; wir beobachten die Vergrößerung der Modellvielfalt in zahlreichen Bereichen der theoretischen Forschung (Festkörperphysik, Kosmologie, Hochenergiephysik u. a.) und den Versuch der Vereinigung unterschiedlicher theoretischer Ansätze sowie eine weitere Suche nach allgemeinsten physikalischen Grundprinzipien.

Es geht dabei um eine Vielfalt von Problemen auf unterschiedlichen Ebenen. Diskutiert wird über die philosophisch-weltanschauliche Begründung der Einheit der Physik in der Einheit ihrer Theorien und Methoden; über die Möglichkeit einer physikalischen Einheitstheorie als Rahmentheorie des Gesamtgebäudes physikalischer Theorien; über Versuche, physikalisches Vorgehen als Prototyp allen wissenschaftlichen Vorgehens aufzufassen; über Ansätze, andere Wissenschaften (vor allem Naturwissenschaften, verschiedentlich aber auch Gesellschaftswissenschaften) in Physik aufzulösen, und vieles andere mehr. Im Mittelpunkt der philosophisch-weltanschaulichen Auseinandersetzungen steht nach wie vor die Frage, ob die Einheit theoretischer Kenntnisse auf den universellen Zusammenhang *materieller* Erscheinungen zurückzuführen ist oder letztlich aus der Natur der Erkenntnisfähigkeit des erkennenden Subjekts zu begründen ist. Auf der Grundlage des Gegensatzes materialistischer und idealistischer Positionen geht es für den dialektischen Materialismus dabei darum, den Zusammenhang des Prinzips der Einheit der Welt in der Materialität mit dem Prinzip der Entwicklung und folglich mit dem Prinzip der Unerschöpflichkeit der Materie zu vertiefen und zu präzisieren.

5.1. Einheit der Physik in der Einheit ihrer Theorien und Methoden

Die dialektisch-materialistische Analyse philosophischer Fragen der Wissenschaften geht von der dialektischen Einheit des wissenschaftlichen Vorgehens einer [222] Disziplin und der in diesem Vorgehen erzielten Resultate aus.¹²² Das Problem der Einheit der Physik ist nicht nur die Frage der Einheit ihrer *Theorien*, wie das eine Reihe theoretischer Physiker annehmen. Es ist aber auch nicht nur die Frage nach dem einheitlichen *Vorgehen*, wie das im Operationalismus bzw. in den Ansätzen zur Protophysik unterstellt wird. Unter Berücksichtigung beider Momente geht es „innerphysikalisch“ zunächst und vor allem um die Einheit der Theorien und Methoden der Physik.

Die dialektische Einheit des *mathematisch-theoretischen* und des *experimentellen* Vorgehens war die methodische Voraussetzung einer erfolgreichen Physikentwicklung.¹²³ Diese Voraussetzung ist in

¹²² Vgl. J. Erpenbeck/U. Röseberg, Wissenschaftsentwicklung, Theorieentwicklung und Entwicklungstheorie, in: DZfPh, 2/1977, S. 133 ff.

¹²³ Auf die Dialektik des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses, insbesondere die Probleme der Einheit experimenteller und mathematisch-theoretischer Methoden wird in Kapitel V gesondert eingegangen. Siehe dazu auch: H. Hörz und

den *Theorien* selbst jeweils aufgehoben, indem alle Theorien mit *idealisierten* Objekten und Beziehungen arbeiten, die Art der jeweiligen Idealisierungen aber letztlich über *experimentelle* Bedingungen bestimmt ist. Damit wird jede Theorie eine dialektische Einheit von *Abbild* und *Entwurf* Kernstück einer Theorie sind die wissenschaftlichen Gesetze, die als dialektische Abbilder allgemein-notwendiger und wesentlicher Zusammenhänge in der objektiven Realität objektive Beziehungen auf die Ebene der Theorie bringen und damit im allgemeinsten Falle die Verhaltensmöglichkeiten und den Wahrscheinlichkeitsgrad der Verwirklichung bestimmter Möglichkeiten vorauszusagen gestatten.

Das erkennende *Subjekt* erfährt diese objektiven Beziehungen nicht in der metaphysischen Trennung vom *Objekt*, sondern nur im dialektischen Zusammenschluß von Subjekt und Objekt im Erkenntnisprozeß. Inwiefern diese Wechselwirkung von Subjekt und Objekt im Erkenntnisprozeß Spuren in der Erkenntnis selbst hinterläßt, ist, wie die Geschichte der Physik bewiesen hat, ein gesondert zu untersuchendes Problem. Auf der Grundlage der Erkenntnisse der klassischen Physik entstand die Illusion von der Möglichkeit der Vernachlässigung der Einwirkung des Subjekts auf das Objekt, und damit schien eine metaphysische Trennung von Subjekt und Objekt möglich, die Theorien wurden dann für reine „Objekttheorien“ gehalten. Es kam zur Identifikation der mathematischen Beziehungen in der Theorie mit den Zusammenhängen in der objektiven Realität. Auf dieser Grundlage wurde im mechanischen Materialismus ein metaphysischer Abbildbegriff entwickelt, dessen Scheitern schließlich zur Aufgabe materialistischer Positionen bei einigen Physikern geführt hat.¹²⁴

[223] Die Relativitäts- und die Quantentheorie haben auf der Ebene der Theorie, also des Resultats des wissenschaftlichen Vorgehens, erstmalig nachhaltig darauf verwiesen, daß Subjekt und Objekt des Erkenntnisprozesses nicht metaphysisch auseinandergerissen werden können. Das führte verschiedentlich zu Überbewertungen der Rolle des Subjekts in den Theorien der modernen Physik. Die damit verbundene Aufgabe des Begriffs der objektiven Realität erweist sich als ebenso fehlerhaft wie die Identifikation der theoretischen Beziehungen einer Wissenschaft mit den Zusammenhängen in der objektiven Realität.

Die Lösung des so entstandenen Problems ist nur mit den Mitteln der materialistischen Dialektik zu erzielen. Es kommt darauf an, die Dialektik von Subjekt und Objekt im Erkenntnisprozeß anhand konkreter Forschungsprozesse im Detail tiefer zu erforschen und die Widerspiegelung dieser Dialektik auf der Ebene verschiedener Theorien zu erfassen. Obgleich die Momente des Abbildens und des Entwerfens *innerhalb* einer vorliegenden Theorie nicht metaphysisch voneinander getrennt werden können, ist der Theorienfortschritt im Prozeß der Schaffung immer allgemeinerer physikalischer Theorien insgesamt auch als ein Zuwachs der Rolle des Entwurfs in der Theorie zu verstehen. Dieser von vielen Physikern auf recht unterschiedlichen philosophischen Positionen reflektierte Sachverhalt läßt von konsequent materialistischen Positionen aus die Frage zu, inwiefern damit die gesellschaftliche Bedingtheit naturwissenschaftlicher Forschung auch an den Resultaten dieser Forschung selbst ablesbar wird. Dazu gibt es noch keine befriedigende Antwort. Es liegen verschiedene Ansätze vor, die den Entwicklungsgesetzmäßigkeiten wissenschaftlicher Theorien nicht gerecht zu werden scheinen. Trotz zahlreicher negativer Erfahrungen mit derartigen Ansätzen bleibt aber die wissenschaftliche Fragestellung weiterhin berechtigt.

Die bisherige Theorienentwicklung der Physik kann man in ihrem Resultat mit Heisenberg als eine Folge *relativ abgeschlossener Theorien* betrachten. Relativ abgeschlossene Theorien sind dabei solche, die im weiteren Theorienfortschritt keine wesentlichen Veränderungen mehr erfahren. Sie bilden in ihrem Gültigkeitsbereich die entsprechenden gesetzmäßigen Beziehungen bereits mit hinreichender Genauigkeit ab, sind also absolute Momente in der Erkenntnis der objektiven Wahrheit.

Allgemeinere Theorien, also solche mit einem weiteren Gültigkeitsbereich, schließen sich an die bereits bekannten Theorien korrespondenzmäßig an. Während die neopositivistische Wissenschaftsphilosophie das *Korrespondenzprinzip* im Bereich des Theoriengebäudes lange Zeit als metaphysische

M. E. Omeljanowski (Hrsg.): Experiment – Modell – Theorie. Deutscher Verlag der Wissenschaften Berlin 1982. russ. Ausgabe: Eksperiment, Model', Teorija. Moskva: Nauka, 1982.

¹²⁴ Vgl. W. I. Lenin, Materialismus und Empirio-kritizismus, in: Werke. Bd. 14, a. a. O., S. 249 ff.

Beziehung eines Teils zu einem größeren Ganzen diskutiert hat, stößt man auch dort heute beispielsweise über den komplizierten dialektischen Zusammenhang von klassischer Mechanik und Quantenmechanik auf Probleme, die sich mit den Mitteln der verfügbaren Wissenschaftslogik kaum noch adäquat erfassen lassen. Mit der verstärkten Hin-[224]wendung zur Wissenschaftsgeschichte (Holton, Feyerabend, Kuhn, Lakatos u. a.) wird der Zwang zur Dialektik auch in wissenschaftsphilosophischen Analysen immer deutlicher.

In den methodologischen Untersuchungen der Zusammenhänge von physikalischen Theorien durch dialektische Materialisten wurden vor allem die Dialektik der komplizierten Übergänge von den alten zu den neuen Begriffssystemen, die dialektischen Beziehungen von Gesetzen unterschiedlichen Allgemeingrades, von Gesetz und Bedingung und die Dialektik von absoluter und relativer Wahrheit im Theorienfortschritt untersucht.¹²⁵ Dabei erwies sich unter anderem, daß die physikalisch relativ abgeschlossenen Theorien philosophisch keineswegs uninteressant sind. In Kenntnis der Quantenmechanik erschließen sich auch in der klassischen Mechanik und in der klassischen statistischen Mechanik neue Einsichten in die objektive Dialektik und die Dialektik des Erkenntnisprozesses.¹²⁶

Wenngleich das philosophische Problem der objektiven Wahrheit Forschungsthema der marxistisch-leninistischen Philosophie bleibt, vermag diese Philosophie mit ihren bereits gesicherten Erkenntnissen zur Wahrheitsproblematik im Gegensatz zu der implizit bei Th. S. Kuhn enthaltenen Philosophie auch für die Theorienentwicklung der Physik eine echte weltanschauliche Orientierung zu geben.¹²⁷ Während Kuhn lediglich die tatsächlich vorhandene Ungewißheit über zukünftige physikalische Theorien reflektiert,¹²⁸ sind die dialektisch-materi-[225]listischen Positionen geeignet, den Widerspiegelungsgehalt physikalischer Theorien zu analysieren und wissenschaftlich begründete Zielvorstellungen des Theorienfortschritts zu entwerfen, ohne allerdings die tatsächliche Entwicklung dieser Wissenschaft philosophisch vorwegnehmen zu können.

In der bisherigen Physikgeschichte hat es mehrere Versuche gegeben, alle physikalischen Theorien zu einer einheitlichen physikalischen Rahmentheorie zu vereinigen, die Einheit dieser Wissenschaft in der Einheit *einer* Theorie zu realisieren. Alle diese Unternehmen sind gescheitert bzw. haben gegenwärtig wenig Aussicht auf Erfolg. Trotzdem aber bleibt die Frage legitim, ob der Theorienentwicklungsprozeß der Physik in *einer* einheitlichen Theorie konvergiert und ob in diesem Sinne die Wissenschaft Physik ihren Abschluß finden kann.

Ein Abschluß der Physik in diesem Sinne müßte nicht – wie manche Kritiker einer solchen Konzeption meinen¹²⁹ – zwangsläufig mit dem Abschluß physikalischer Forschung überhaupt identifiziert werden. Vielmehr könnte innerhalb einer solchen Theorie die Vielfalt der erfaßten Beziehungen erschöpflich sein.¹³⁰ Das würde aber den weiteren physikalischen Erkenntnisfortschritt auf einen evolutionären Wissenszuwachs einschränken, revolutionäre Neuerungen dagegen ausschließen. Bevor

¹²⁵ Vgl. H. Hörz, *Materiestruktur*, a. a. O.; [H. Hörz, Physik und Weltanschauung. Leipzig – Jena – Berlin 1975](#); I. V. Kuznecov, *Isbrannye trudy po metodologii fiziki*, Moskva 1975; M. E. Omel'janoyskij, *Dialektika v sovremennoj fizike*, Moskva 1973, *Sintez sovremennogo naučnogo znanija*, Moskva, 1973; *Fizičeskaja nauka i filosofija*, Moskva 1973. Neben der Verallgemeinerung des Korrespondenzprinzips wird in letzter Zeit auch häufig über Möglichkeiten der Verallgemeinerung des Komplementaritätsprinzips für die Abbildung von Zusammenhängen innerhalb des Theoriengebäudes der Physik diskutiert. Vgl. *Metodologičeskie prinzipy fiziki*, Moskva 1975; *Prinzip dopolnitel'nosti i materialističeskaja dialektika*, Moskva 1976.

¹²⁶ Vgl. U. Röseberg, *Determinismus und Physik*, Berlin 1975.

¹²⁷ Vgl. H. Hörz, *Marxistische Philosophie und Naturwissenschaften*, Berlin 1976, S. 139 ff.; F. F. Bjakkerev/V. P. Branskij, *Evrističeskaja i prognostičeskaja funkcii filosofii v formirovanii naučnych teorij*, Leningrad 1976; E. A. Mamčur, *Problema vybora teorii*, Moskva 1975.

¹²⁸ Kuhn hat seine Untersuchungen über den Erkenntnisfortschritt als einen „Prozeß der Evolution von primitiven Anfängen her“ bezeichnet und zugleich festgestellt: „... nichts von dem, was gesagt worden ist und noch gesagt werden kann, macht ihn zu einem Prozeß der Evolution auf etwas *hin*“ (Th. S. Kuhn, *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*, Frankfurt a. M. 1973, S. 223). H. Spinner wendet dann noch diese im wesentlichen der historischen Deskription geschuldete Feststellung programmatisch an und bedient sich dabei des in den nichtmarxistischen gesellschaftspolitischen Auseinandersetzungen überstrapazierten Pluralismusbegriffs (H. Spinner, *Pluralismus als Erkenntnismodell*, Frankfurt a. M. 1974).

¹²⁹ Vgl. V. S. Barašenkov, *Možet li byt' konec fiziki kak nauki?*, in: *Filosofskie nauki* (Moskva). 6/1971, S. 88-93.

¹³⁰ Vgl. W. Heisenberg, *Schritte über Grenzen*, München 1971, S. 305 ff.

allerdings derartige Konsequenzen zu durchdenken sind, sollte man anhand des Materials der Physikgeschichte die Möglichkeiten der Einheit der Physik in einer einheitlichen Theorie prüfen.

5.2. Versuche zur Begründung einer physikalischen Einheitstheorie

Der erste große Versuch, eine Einheitstheorie zu schaffen, wurde auf *mechanisch-materialistischer Grundlage* unternommen. Man nutzte die Ergebnisse der Massenpunktmechanik, insbesondere ihre Erfolge in der Astronomie, um ein einheitliches Weltbild, gegründet auf den Beziehungen zwischen qualitativ identischen kleinsten Teilchen, aufzubauen. Grundlegendes Prinzip dieser Theorie war das Prinzip der kleinsten Wirkung. Mit dem Lagrange-Hamilton-Formalismus waren die allgemeinen Bewegungsgleichungen materieller Prozesse gegeben. In Kenntnis der entsprechenden Kräfte, Anfangs- und Randbedingungen war alles in der Natur voraussagbar, weil alles eindeutig bestimmt war. Die Gründe für das Scheitern des mechanischen Determinismus bestehen vor allem in unzulässigen Vereinfachungen über den inneren Zusammenhang der sich bewegenden physikalischen Objekte. Die Entwicklung der Physik zeigte die Existenz der [226] elektromagnetischen Wechselwirkung, die Kompliziertheit physikalischer Zustände und die qualitative Verschiedenheit der elementaren Objekte.

Marx und Engels wurden zu *philosophischen Kritikern* der mechanisch-materialistischen Positionen, als das physikalische Forschungsprogramm des mechanischen Materialismus noch fruchtbar schien.¹³¹

Noch bevor dieses Forschungsprogramm physikalisch endgültig gescheitert war, gab es den Versuch der Rückführung aller physikalischen Prozesse auf das elektromagnetische Feld. Einerseits traten dabei bald theoretische Schwierigkeiten auf. Man führte im Sinne des mechanistischen Programms hypothetische Substanzen ein, wie elektrische und magnetische Fluida, den Äther als Medium für die Fortpflanzung des Lichts usw., konnte damit aber viele Probleme nicht lösen. Damit wurde der Niedergang des mechanistischen Denkens in Bewegungsgleichungen für Substanzen deutlich. Andererseits zeigten Faraday, Maxwell und Hertz das elektromagnetische Feld als physikalische Realität. Die Maxwell'schen Gleichungen bestimmen die Struktur des elektromagnetischen Feldes, das den Raum erfüllt. Die klassische Mechanik hatte dagegen die Beziehungen zwischen den durch Parameter beschriebenen Massenpunkten hergestellt. Teilchen und Felder waren als voneinander unabhängige physikalische Objekte erkannt.

Ein anderer Versuch zur Vereinheitlichung der theoretischen Grundlagen der klassischen Physik – der des *Energetismus* – scheiterte physikalisch vor allem deshalb, weil dabei nicht genügend beachtet wurde, daß der 2. Hauptsatz der Wärmelehre gleichberechtigt neben dem 1. Hauptsatz der Wärmelehre steht, die Entropieerhaltung oder -produktion in geschlossenen Systemen nicht auf die Energieerhaltung reduzierbar ist.

Der mechanische Materialismus und seine Auffassung von der Einheit der Welt erwies sich für die Physik des 19. und 20. Jahrhunderts als unhaltbar. Der auf seiner Grundlage unternommene Versuch, zu einer einheitlichen Theorie aller, materiellen Prozesse zu kommen, ist ebenso gescheitert wie die bescheideneren Versuche, unter starker methodischer Anlehnung an den mechanischen Materialismus das elektromagnetische Feld bzw. die Energie zur Grundlage einer einheitlichen physikalischen Theorie zu machen.

Mit der Kritik des mechanischen Materialismus durch den *dialektischen Materialismus* waren Präzisierungen der Auffassungen zur Einheit der Welt verbunden. Vor allem wurde die Behauptung von einer existierenden qualitativ einheitlichen Grundsubstanz der Materie zurückgewiesen. Die Einheit der Welt besteht in der Materialität, die Materie ist unerschöpflich. Das bedeutet *erstens* die Existenz eines objektiven Zusammenhangs zwischen den unerschöpflich vielen Objekten, Prozessen und Beziehungen, der über seine Wirkungen erkannt werden

[227] kann. Es gibt keinen materiellen Bereich, der nicht durch materielle Prozesse mit anderen Bereichen verbunden ist. *Zweitens* existiert eine Hierarchie von niedriger und höher entwickelten, qualitativ unterschiedenen und miteinander zusammenhängenden Systemen, deren Struktur sich als die

¹³¹ Vgl. H. Hörz, *Der dialektische Determinismus in Natur und Gesellschaft*, 4. Aufl., Berlin 1975, S. 47 ff.

Gesamtheit der allgemeinen und besonderen, wesentlichen und unwesentlichen, notwendigen und zufälligen Beziehungen in einem Zeitintervall erweist, das durch die Existenz der wesentlichen Struktur bestimmt wird. Eine allgemeine physikalische Theorie muß die qualitative Vielfalt ebenso berücksichtigen wie die Unerschöpflichkeit, aber sie muß den inneren Zusammenhang qualitativ verschiedener Objekte, ihre Einheit aufdecken. *Drittens* ist die Grundform des objektiven Zusammenhangs, ihre konkrete Vermittlung, das Verursachen von Wirkungen, wodurch eine Zeitrichtung definiert wird. In der Theorie kann von ihr insofern abstrahiert werden, als die Gesetze allgemein-notwendige und wesentliche Zusammenhänge aus einem Komplex von Kausalbeziehungen herausheben. Ob es physikalische Grundgesetze gibt, die Zeitrichtungen erfassen, ist bis heute noch offen. Hinweise darauf liegen in der Durchbrechung von Symmetrien im „Elementarteilchen“-bereich, in der Expansion des Kosmos und im Entropiesatz vor.

Mit dem Scheitern der konkreten Versuche innerhalb der klassischen Physik, zu einer physikalischen Einheitstheorie und zu letzten physikalischen Prinzipien zu kommen, sowie mit den philosophischen Schlußfolgerungen bei der Überwindung des mechanischen Materialismus durch den dialektischen Materialismus läßt sich aber kein abschließendes Urteil über die Möglichkeiten einer solchen physikalischen Einheitstheorie verbinden. Mit der Entwicklung der Physik im 20. Jahrhundert wurden auf unterschiedlicher philosophischer Grundlage weitere Versuche in dieser Richtung unternommen.

Ausgangspunkt konkreter Ansätze zu einer Einheitstheorie war die Analyse der Beziehungen von *Teilchen und Feldern*. Die Schwierigkeiten der klassischen Physik bei der Entwicklung einer einheitlichen Theorie zusammenfassend, kann man sagen: Das Teilchenbild fand seine Grenzen im Wellenbild, das wiederum vom Teilchenbild begrenzt wurde. Das elektromagnetische Feld war nicht mechanisch erklärbar. Im Rahmen der Feldvorstellungen aber gab es unauflösliche Widersprüche wegen der Punktförmigkeit der Ladungen. *Einstein* hatte als erster den Gedanken, eine einheitliche physikalische Theorie als Feldphysik zu konstituieren,¹³² in deren Rahmen der Teilchenbegriff widerspruchsfrei einführbar ist. Stoff (bei Einstein und anderen Physikern als „Materie“ bezeichnet) und Feld sollten auf [228] der Grundlage einer entsprechenden Feldvorstellung nicht länger einander ausschließende Begriffe sein.

Einstein suchte in einer neuen Feldphysik nach strukturellen Gesetzen, die überall und immer gelten. Das fundamentale und universelle Feld sollte die Vereinigung des Gravitationsfeldes mit den andern physikalischen Feldern zum Gesamtfeld sein. Als selbstkonsistente Lösungen der relativistischen Feldgleichungen sollten sich die „Elementarteilchen“ ergeben. Teilchen sollten damit zu einer speziellen Form des Feldes werden. Einstein hoffte in dieser Theorie, die Quantentheorie begründen zu können und zugleich die Ursachen für die quantenmechanischen Determinismus- und Kausalitätskonzeptionen aufzuzeigen. Seine Bemühungen um eine einheitliche Feldtheorie standen im engen Zusammenhang mit seiner Vorsicht gegenüber weitreichenden philosophischen Verallgemeinerungen aus der Quantentheorie. Seine Hoffnungen liefen darauf hinaus, auf einer höheren Entwicklungsstufe allgemeinsten physikalischer Theorien die von der Quantentheorie erzwungenen Veränderungen wieder rückgängig zu machen. Einsteins eigene Versuche in diese Richtung geben ebensowenig wie die anderer Autoren Anlaß zu optimistischen Einschätzungen bezüglich des Erfolgs derartiger Bemühungen.

In Fortführung des Einsteinschen Programms einer einheitlichen Feldtheorie ergibt sich die Frage nach einer Quantentheorie des Gravitationsfeldes, die in der *Quantengeometrodynamik* untersucht wird. Dabei geht es nicht mehr um die Begründung der Quantentheorie durch die Gravitationstheorie, sondern um einen konkreten Versuch der Vereinigung von Gravitations- und Quantentheorie, einem der Kardinalprobleme bei der Vereinheitlichung der theoretischen Grundlagen der modernen Physik.¹³³ Die Quantengeometrodynamik hält aber an Einsteins Programm fest, die geometrischen Eigenschaften der Raum-Zeit-Welt physikalisch zu interpretieren und physikalische Strukturen

¹³² Vgl. A. Einstein/L. Infeld, *Die Evolution der Physik*, Hamburg 1970, S. 161 ff.; A. Einstein, *Generalized Theory of Gravitation*, in: *Rev. Mod. Phys.*, 1948, S. 35-39; A. Einstein/B. Kaufmann, *A new Form of the General Relativistic Field Equations*, in: *Ann. Math.* 1955, S. 128-138; A. Griese, *Philosophische Aspekte des Einsteinschen Programms zur Weiterentwicklung der Physik*, in: *Relativitätstheorie und Weltanschauung*, Berlin 1967, S. 59-153.

¹³³ Vgl. V. P. Branskij, *Filosofskie osnovanija problema sinteza relativistskikh i kvantovykh prinzipov*, a. a. O.

geometrisch zu erfassen, also Physik und Geometrie zu einer Einheit zu führen. Die Quantelung des Gravitationsfeldes ist bislang nur im Spezialfall schwacher Felder gelungen (Linearität der Gleichungen); die Existenz von Gravitonen konnte experimentell nicht nachgewiesen werden.

Ein anderer Weg zu einer einheitlichen Feldtheorie wurde von *Heisenberg* eingeschlagen.¹³⁴ Er wollte die dem Teilchenspektrum zugrundeliegende Dynamik aufdecken und dieses universelle Bewegungsgesetz in einer Gleichung erfassen. Aus den experimentellen Ergebnissen der Hochenergiephysik leitete er fundamentale Invarianzeigenschaften ab, die Grundlage dieses allgemeinsten Natur-[229]gesetzes sein müßten. Letzte physikalische Prinzipien wären hier also bestimmte Symmetrien bzw. Asymmetrien. Bei der Analyse der gegenwärtigen theoretischen Ansätze in der Hochenergiephysik wurde bereits betont, daß die damit bisher erzielten physikalischen Resultate von der Mehrzahl der Spezialisten sehr skeptisch bewertet werden, sich aber keine begründeten philosophischen Argumente gegen die Möglichkeit eines solchen Ansatzes vorbringen lassen. Heisenberg selbst hat zwar seinen Zugang zur Theorie als Sieg Platons über Demokrit gewertet. Idealistische Verallgemeinerungen sind aber keineswegs die notwendige Konsequenz von Heisenbergs physikalischem Ansatz.

Heisenberg war mit Platon der Auffassung, daß man beim Versuch der Zerlegung des Materiellen letzten Endes auf die reine mathematische Form stößt und damit nicht die Materie, sondern die Idee primär sei. Daß die dem Teilchenspektrum zugrundeliegende Dynamik mathematisch faßbar ist, spricht aber nicht für die Notwendigkeit, mathematische Begriffe in einer platonistischen Welt der Ideen zu verselbständigen. Heisenbergs physikalischer Gedanke läßt sich ohne spekulative Annahmen (wie die objektive Existenz einer verselbständigten Welt mathematischer Ideen) konsequent materialistisch fassen. Danach sind dann die mathematisch formulierten fundamentalen Invarianzeigenschaften Widerspiegelungen objektiver Zusammenhänge der dem Teilchenspektrum zugrundeliegenden Dynamik. Fraglich bleibt, ob diese Dynamik bereits die Gesetze der höheren Strukturniveaus erfaßt und, falls das der Fall ist, inwiefern wir diese Dynamik bereits adäquat widerzuspiegeln vermögen.

Sowohl Einsteins als auch Heisenbergs Versuche zur Begründung einer einheitlichen physikalischen Theorie lassen sich materialistisch fassen, obgleich sie von physikalisch und philosophisch recht unterschiedlichen Positionen ausgehen. Wir hatten innerhalb der *Materiestruktur Materiearten* und *Materieformen* unterschieden.¹³⁵ Während die Materiestruktur als Gesamtheit der Beziehungen zwischen materiellen Objekten bestimmt war, haben wir als Materiearten die Gesamtheit der physikalischen Teilchen, Körper, Sterne, Galaxien und als Materieformen die Gesamtheit der Beziehungen zwischen diesen Objekten bezeichnet. Die Materiestruktur wurde damit als dialektische Einheit von Materiearten und Materieformen bestimmt. Philosophisch kommt es in einem Ansatz zu einer physikalischen Einheitstheorie darauf an, wie die *Dialektik von Materiearten und -formen* konkret gefaßt wird. Mit den Feldtheorien von Einstein und Heisenberg und ihren Weiterentwicklungen wurde die metaphysische Trennung von Materiearten und -formen überwunden, wie sie für die klassische Physik noch charakteristisch war. Dort beschäftigte sich die *Physik* im wesentlichen mit den Materiearten, die *Geometrie* mit den Materieformen. Während Heisenberg die Materiearten (Teilchen) auf mathematische Formen zurückzu-[230]führen versuchte, ging Einstein von den Materieformen der Raum-Zeit aus, die sich in einem Gravitationsfeld realisiert. In beiden Ansätzen wurde der Zusammenhang von Materiearten und -formen in einer spezifischen Weise berücksichtigt. Zweifelhaft bleibt, ob einer dieser Ansätze im gegenwärtig experimentell zugänglichen Bereich der Materiestruktur die Vielfalt materieller Erscheinungen physikalisch tatsächlich adäquat auszudrücken gestattet.

Während bei Einstein und Heisenberg die konkrete Gestalt einer physikalischen Einheitstheorie im Mittelpunkt der Überlegungen stand, geht *Weizsäcker* in seinen philosophischen Begründungen eines solchen Unternehmens wesentlich weiter und versucht, die Einheit der Natur in *einer* physikalischen Theorie zu erfassen.¹³⁶ Er versucht auf der Ebene der elementarsten theoretischen Objekte der Physik

¹³⁴ Vgl. W. Heisenberg, Einführung in die einheitliche Feldtheorie der Elementarteilchen, Stuttgart 1967; H. Hörz, Werner Heisenberg und die Philosophie, a. a. O., S. 216 ff.

¹³⁵ Siehe I.

¹³⁶ Vgl. C. F. von Weizsäcker. Die Einheit der Natur, a. a. O.

seine einheitliche Theorie mit Kant an die Bedingungen der Möglichkeit von Erfahrung überhaupt zu binden, die dann zugleich auch letzte Prinzipien der Physik wären. Auf die physikalischen Probleme eines solchen Ansatzes war bereits kurz verwiesen worden. Es geht hier vor allem um die fundamentale philosophische Annahme, die Einheit der Physik in einer einheitlichen Theorie aus der Natur der Erkenntnisfähigkeit des erkennenden Subjekts zu begründen. Bei Weizsäcker ist diese Kantsche Position auch wie schon bei Heisenberg mit einer Hinwendung zum Platonismus gekoppelt. Der konkrete physikalische Ansatz wäre jedoch auch hier unabhängig von der Platonschen Philosophie aufrechtzuerhalten. Der Gedanke an das Eine, aus dem alles hervorgeht, bedarf nicht der idealistischen Begründung, wohl aber der kritischen Überprüfung seiner Konsequenzen in der wissenschaftlichen Beobachtung und im Experiment. Solange nicht einmal die Möglichkeiten dazu abzusehen sind, ist die Zurückhaltung anderer Physiker gegenüber dem Weizsäckerschen Ansatz zu verstehen. Folglich bleibt auch Weizäckers Hypothese über die Rechtfertigung des Erfolgs mathematisierter Naturwissenschaft vor allem der philosophischen Diskussion vorbehalten.

Weizsäcker selbst nennt zwei Voraussetzungen seiner „philosophischen Physik“¹³⁷, das heißt, seines Ansatzes zu einer physikalischen Einheitstheorie. Die fundamentale Struktur der Zeit mit ihren *Modi Gegenwart, Zukunft, Vergangenheit* (1. Voraussetzung) läßt ihn eine Zeitlogik formulieren, die im Gegensatz zu den Auffassungen des mechanischen Determinismus die Offenheit der Zukunft von der Abgeschlossenheit der Vergangenheit abhebt. Die *Möglichkeit begrifflichen Denkens* (2. Voraussetzung) benutzte er, die extremste Konsequenz des Atomismus zu begründen. Zwar ist dieser tatsächlich an die Möglichkeit begrifflichen Denkens gebunden, er ist aber, wie unsere Ausführungen zur Hochenergiephysik ergeben haben, keinesfalls eine notwendige Folge [231] begrifflichen Denkens. Damit wird entgegen Weizäckers Behauptung der *Atomismus*, und zwar in seiner metaphysischen Fassung mit *letzten* elementaren Objekten, zu einer weiteren Voraussetzung seines theoretischen Ansatzes. Weizsäcker betont zwar, daß dieser Atomismus eine theoretische Konzeption ist, die keine Entsprechung in der objektiven Realität hat. Seine „Ure“ sind durch Ja-Nein-Entscheidungen bestimmte logische Atome. Viele andere Formulierungen lassen aber diesen Punkt in Vergessenheit geraten. (Welchen Sinn soll beispielsweise die Abschätzung der Zahl der „Ure“ haben, um materielle Objekte wie Protonen aufzubauen, wenn die „Ure“ ausschließlich Produkte unseres Bewußtseins sind?) Der Atomismus scheint also in den Voraussetzungen der Weizäckerschen Theorie eine Feststellung über die objektive Realität zu beinhalten. Da dies auch für die fundamentale Struktur der Zeit gilt, gehen zwei Annahmen über die objektive Realität in die Bedingungen der Möglichkeit der Erfahrung ein. Das aber steht im Gegensatz zu Kants Erkenntnistheorie. Nicht Kants Lösung des Humeschen erkenntnistheoretischen Problems, aus der Erfahrung objektive Gesetze zu begründen, ist die einzigmögliche Lösung dieses Problems, wie Weizsäcker meint. Die Überwindung des Humeschen Empirismus verlangt eine konsequent materialistische Gesetzeskonzeption, und darauf weist auch Weizäckers physikalischer Ansatz selbst hin.

Wer die Dialektik des bisherigen Erkenntnisprozesses der Physik bewußt nachvollzieht, dein erscheint es als außerordentlich zweifelhaft, aus den allgemeinsten Bedingungen der Möglichkeit der Erfahrung (was immer diese auch sein mögen) auf die *inhaltlichen* Gesetze der Physik zu schließen. Als relativ willkürlich muß es auch angesichts der komplizierten Probleme in der gegenwärtigen Hochenergiephysik und in der Kosmologie gelten, wenn man die Theorie elementarster Quantenobjekte zugleich als Theorie des Weltraums, als Kosmologie ansieht.¹³⁸

Obwohl bisher alle Versuche zu einer physikalischen Einheitstheorie gescheitert sind bzw. noch in einem physikalisch wenig fruchtbaren Stadium stehen, haben die Diskussionen solcher Ansätze unsere Erkenntnisse über die objektive Dialektik des Erkenntnisprozesses vertieft.

In diesem Sinne werden gegenwärtig große Hoffnungen mit den in der Hochenergiephysik fruchtbaren quantisierten Eichfeldtheorien verknüpft. Mit der Quanten-Chromodynamik wurden in letzter Zeit Erfolge im Verständnis der starken Wechselwirkung erzielt, das Weinberg-Salam-Modell bietet

¹³⁷ Vgl. C. F. von Weizsäcker, *Der Garten des Menschlichen*, a. a. O., S. 558.

¹³⁸ Vgl. ebenda, S. 563.

die Möglichkeit, schwache und elektromagnetische Wechselwirkungen einheitlich zu behandeln. Es gibt möglicherweise auch bald größere Fortschritte bei der Vereinheitlichung von starker, elektromagnetischer und schwacher Wechselwirkung. Dem in den Ansätzen von Einstein und Heisenberg heute unlösbar erscheinenden Problem [232] einer einheitlichen Feldtheorie scheint man sich mit den in algebraischen Räumen formulierten supersymmetrischen Eichfeldtheorien zu nähern. Da bei dieser Entwicklung Symmetrieforderungen in immer abstrakteren Räumen eine ausschlaggebende Rolle spielen, wird zugleich auch deutlich, daß aus einer auf diesem Wege irgendwann vielleicht einmal formulierbaren physikalischen „Einheitstheorie“ keineswegs die Theorien der „mittleren Dimensionen“ deduzierbar wären. Noch läßt sich bei diesem gegenwärtig verheißungsvoll erscheinendem Zugang nicht einmal abschätzen, ob die Theorienentwicklung überhaupt in eine als „Einheitstheorie“ zu bezeichnende physikalische Theorie einmünden wird, und schon ist klar, daß in diesem Falle die Beziehungen der physikalischen Theorien unterschiedlicher Objektbereiche nicht vereinfacht würden, sondern die dialektischen Zusammenhänge innerhalb des Theoriengefüges der Physik damit noch komplizierter werden müßten.

5.3. Physikalische Weltbildvorstellungen

Wir hatten gesehen, daß bei der Suche nach einer physikalischen Einheitstheorie immer bestimmte physikalische Weltbildvorstellungen eine Rolle gespielt haben. Das Weltbild der Physik¹³⁹ läßt sich zunächst als die Gesamtheit jener physikalischen Vorstellungen von der Welt verstehen, die mit den jeweils bekannten abgeschlossenen physikalischen Theorien übereinstimmen. Insofern wäre also das physikalische Weltbild auch in gewissem Sinne eine Synthese der gesicherten physikalischen Erkenntnisse einer bestimmten Zeit. Mit den wissenschaftlichen Erkenntnissen entwickeln sich aber zugleich die Methoden der Erkenntnisfindung. Physikalische Weltbildvorstellungen beinhalten daher neben den bereits erkannten Gesetzmäßigkeiten also vor allem Vorstellungen über Methoden zur Gewinnung neuer Erkenntnisse. Hinsichtlich zukünftiger Theorien der Physik kommt ihnen deshalb nicht selten eine Leitbildfunktion zu. Ein *physikalisches Weltbild* ist also nicht einfach eine Metatheorie über bereits existierende Theorien, sondern stellt vielmehr ein außerordentlich kompliziert strukturiertes und selten nur voll expliziertes Gebilde *mehr oder minder gesicherter physikalischer Erkenntnisse* (abgeschlossene Theorien, Theorieansätze, physikalische Hypothesen, experimentelle Fakten) und *physikalischer Methoden* dar. Es ist gleichzeitig [233] *Verallgemeinerung* des bisherigen und *Leitbild* des weiteren physikalischen Forschungsprozesses.

In der Geschichte der Physik hat es bisher verschiedene Weltbilder gegeben. Das einflußreichste von ihnen war das *auf der Grundlage der klassischen Mechanik vom mechanischen Materialismus* entwickelte, welches mit dem Versuch einer einheitlichen Theorie aller materiellen Prozesse auf der Basis der Massenpunktmechanik zusammenfiel.

Physikalisches Weltbild und die Ansätze zu einer physikalischen Einheitstheorie fielen erst mit dem Scheitern des physikalischen Forschungsprogramms des mechanischen Materialismus auseinander. Auf der Grundlage der klassischen Mechanik, der Thermodynamik und der Elektrodynamik wurde das *Weltbild der klassischen Physik* entwickelt. In diesem Weltbild ist klar, daß die Elektrodynamik und die Thermodynamik eigenständige physikalische Theorien sind, die sich nicht auf Mechanik reduzieren lassen. Die Gesamtheit der genannten Theorien vermag ein breites Spektrum physikalischer Phänomene adäquat zu erfassen, findet aber überall dort seine Grenzen, wo zur Erklärung makrophysikalischer Phänomene das Verständnis der mikrophysikalischen Grundlage erforderlich ist oder wo kosmische Dimensionen zu berücksichtigen sind.

Diese Grenzen des Weltbildes der klassischen Physik waren um die Jahrhundertwende noch nicht bekannt. Sie wurden erst mit der Entwicklung der Quantentheorie sowie der Einsteinschen Speziellen und Allgemeinen Relativitätstheorie deutlich. Kurze Zeit galt das Weltbild der klassischen Physik

¹³⁹ Der Weltbildbegriff wird in der philosophischen Literatur außerordentlich unterschiedlich benutzt. In einer sehr allgemeinen Form ist er beispielsweise gefaßt bei H. Hörz, *Der Beitrag der Physik zur Entwicklung des Weltbildes*, Berlin 1977 (Veröffentlichung der Physikalischen Gesellschaft der DDR). Wir benutzen diesen Begriff hier wesentlich enger. Siehe dazu: N. Hager/U. Röseberg, *Philosophisch-weltanschauliche Aspekte des Weltbildes der klassischen Physik*, in: *DZfPh*, 5/1977. S. 586.

sogar bei einigen Physikern als Abschluß der Physik. Da aber schon sehr bald die Grenzen dieses Weltbildes deutlich wurden, kam es auf seiner Grundlage nicht zu einem ähnlich weittragenden Forschungsprogramm, wie es auf der Grundlage des Weltbildes der klassischen Mechanik vor allem im 18. und 19. Jahrhundert verfolgt wurde.

Für das Weltbild der klassischen Physik ist charakteristisch, daß zwar durchgängig in allen Theorien eine Reihe von Prinzipien gelten (Prinzip der Energieerhaltung für abgeschlossene Systeme, starre Determination und andere), aber eine allumfassende physikalische Einheitstheorie ausgeschlossen bleibt. Dagegen gibt es in diesem Weltbild entsprechend den drei wesentlichen Theorien Gesetzmäßigkeiten dreier unterschiedlicher materieller Strukturniveaus. Für die mechanische und die elektromagnetische Bewegungsform läßt sich lediglich deren Verschiedenheit feststellen, während die thermodynamische Bewegungsform gegenüber der mechanischen eine Bewegungsform komplexerer Objekte ist.

Die gegenwärtigen Bemühungen um eine physikalische Einheitstheorie werfen die Frage auf, ob die Physik zu einem im wesentlichen von *einer* physikalischen Theorie geprägten Weltbild zurückzukehren vermag. Das erscheint nach allem bisher Gesagtem außerordentlich unwahrscheinlich.

Betrachtet man die Modellvielfalt in der Theorie starker Wechselwirkungen, [234] in der Festkörperphysik und in anderen Gebieten der physikalischen Erforschung von komplexen Objekten, so ist generell die Frage zu stellen, woraus eigentlich die weitverbreitete Überzeugung folgt, daß Theorien als befriedigende Erklärungen für die Gesetzmäßigkeiten eines Bereiches immer von einem *einheitlichen theoretischen Modell* ausgehen müssen. Ist nicht mindestens hypothetisch auch ein Theoriebegriff möglich, in dem eine nicht weiter reduzierbare Vielfalt von Ausgangsmodellen fixiert wird? Diese hypothetische Möglichkeit soll keineswegs die Bemühungen um die Vereinheitlichung des Ausgangsmodells einer Theorie in einem bestimmten Bereich diskreditieren. Sie soll aber darauf aufmerksam machen, daß diesen Bemühungen eine Weltbildvorstellung zugrunde liegt, die nicht unbedingt unumstößlich ist.

Diese Überlegungen stehen im Zusammenhang mit Vorstellungen über die *Rolle mathematischer Strukturen innerhalb physikalischer Theorien*, mit der Abbildbarkeit objektiv dialektischer Sachverhalte in mathematisierten einzelwissenschaftlichen Theorien. Auf der Grundlage der philosophischen Analyse der klassischen Physik und vielfältiger Theorieansätze in der gegenwärtigen Physik läßt sich unter Berücksichtigung der Konzeption der materialistischen Dialektik folgende philosophische Hypothese über die Möglichkeiten der Mathematisierung formulieren: *Die Zusammenhänge materieller Objekte und Prozesse können nicht mit mathematischen Strukturen identifiziert werden, lassen sich aber mittels mathematischer Strukturen im Verlaufe des Erkenntnisprozesses immer adäquater widerspiegeln.*¹⁴⁰ Eine solche Hypothese legt den Gedanken an die mögliche Existenz unterschiedlicher physikalischer Theorien mit gleichem Gültigkeitsbereich nahe. Die objektive Dialektik der Natur fände dann auf der Ebene mathematisierter physikalischer Theorien ihren Niederschlag primär nicht innerhalb eines einheitlichen mathematischen Formalismus *einer* physikalischen Theorie, sondern in den einander widersprechenden Annahmen unterschiedlicher mathematischer Formalismen verschiedener physikalischer Theorien mit gleichem Gültigkeitsbereich. Eine einheitliche, die Totalität der Zusammenhänge der objektiven Realität erfassende physikalische Theorie wäre danach ausgeschlossen. Der Theorieentwicklungsprozeß der Physik könnte nicht in *einer* letzten Theorie konvergieren.

Die Konzeption von der *objektiven Dialektik der Natur* ist als philosophische Verallgemeinerung der jeweiligen physikalischen Erkenntnisse und ihrer Geschichte ein heuristisches Mittel zur Förderung des weiteren Theorienfortschritts. Sie ist geeignet, die Einseitigkeiten eines jeden physikalischen Ansatzes kritisch zu [235] analysieren, ohne selbst ein physikalischer Ansatz zu sein. Deshalb kann und will sie vor allem kein Ersatz für die fehlende physikalische Einheitstheorie sein.

Die hier diskutierte philosophische Hypothese über die *Möglichkeiten der Mathematisierung* wurde vor allem in der Bearbeitung philosophischer Fragen der Physik entwickelt. Ihr kommt aber über die Physik hinausreichende Bedeutung zu. Mit einer derartigen Hypothese werden dem Mathematisierungsprozeß

¹⁴⁰ Vgl. U. Röseberg, Determinismus und Physik, a. a. O.; siehe auch U. Röseberg, Mathematische Strukturen in den Weltbildvorstellungen der Physik, in: XVI. Weltkongreß für Philosophie, Düsseldorf 1978; U. Röseberg, Quantenmechanik und Philosophie, a. a. O.

keinerlei prinzipielle Grenzen gezogen; es wird jedoch zugleich verhindert, in undialektischer Weise eine mathematische „Weltformel“ irgendwo als Erkenntnisabschluß zu setzen. Was darin speziell für mathematische Strukturen ausgesagt ist, stellt nach Lenin eine generelle Eigenschaft unserer Erkenntnis dar, die bei jeder Abbildung objektiv-realer Sachverhalte durch das Denken immer vergrößert, abtötet. Das findet in jedem Begriff seinen Niederschlag. Darin liegt das Wesen der Dialektik, die man nach Lenin auf die Formel „Einheit, Identität der Gegensätze“ bringen kann.¹⁴¹ Der in der neopositivistischen Tradition immer wieder beschworene formallogische Widerspruch zwischen objektiver Dialektik und mathematisierten wissenschaftlichen Theorien wird zur Fiktion. Der Mathematisierungsprozeß selbst wird auch von einem dialektischen Widerspruch vorwärtsgetrieben, der darin besteht, daß die Zusammenhänge in der objektiven Realität durch mathematische Strukturen repräsentiert werden können, die nicht mit ihnen identisch sind.

Unsere Diskussion physikalischer Weltbildvorstellungen und die Möglichkeit prinzipieller Veränderungen in diesem Bereich war provoziert worden durch die Untersuchungen verschiedener Ansätze zu einer physikalischen Einheitstheorie. Sie führte uns zurück zu der Auffassung, derzufolge die Einheit der Physik in der Einheit ihrer Theorien und Methoden liegt.

Von den „innerphysikalischen“ Diskussionen um die Möglichkeit einer Einheitstheorie im wesentlichen unabhängig ist die Stellung der Physik im System der anderen Wissenschaften. Zwar hat Weizsäcker im Rahmen seines konkreten Ansatzes diese Probleme sehr eng miteinander verkoppelt. Es ist aber für die Position der Physik gegenüber den anderen Wissenschaften vor allem wichtig, die gegenwärtige Einheit der Physik als eine reale Einheit ihrer Theorien und Methoden zu betonen. Bei der ständig wiederkehrenden Reduktionismusproblematik in den Beziehungen von Physik, Chemie, Biologie stößt man auf Analogien zu den Erörterungen der konkreten Versuche, die Physik auf letzte Prinzipien bzw. auf eine Einheitstheorie zu reduzieren. [236]

5.4. Die Physik und die anderen Wissenschaften

Physik ist die Wissenschaft von den Struktur- und Bewegungsgesetzen der Wechselwirkung anorganischer Objekte und Prozesse. Die von ihr zu erforschenden objektiven Zusammenhänge legen den Rahmen fest, innerhalb dessen sich Leben entwickeln kann und innerhalb dessen Lebensprozesse aufrechterhalten werden können. Die Biologie beschäftigt sich mit den Entwicklungsprozessen in der organischen Natur.

Über die Kosmogonie und die Kosmologie gelangte die Physik erstmalig zum *Evolutionsgedanken* und zum Gedanken von der *Geschichtlichkeit der Natur*. Wenn nun in Übereinstimmung mit den Erkenntnissen der Kosmologie alle physikalischen Objekte und Prozesse in globale Evolutionsprozesse eingebettet sind, so steht die Frage, ob das zu beobachtbaren Konsequenzen im Rahmen der Laborphysik führt. Die für die globalen Prozesse charakteristischen Zeiten erweisen sich als derart groß gegenüber den für die Prozesse der Laborphysik charakteristischen Zeiten, daß es bislang möglich war, die globalen Evolutionsprozesse zu vernachlässigen. Deshalb bleibt die bisher übliche Eingrenzung des Gegenstandes der Physik auch weiterhin sinnvoll.

Verschiedentlich wurde im Zusammenhang mit dieser Bestimmung des Gegenstandes der Physik und der auf seiner Grundlage möglichen philosophischen Verallgemeinerungen kritisch vermerkt, daß damit die Theorie der materialistischen Dialektik in unzulässiger Weise eingeschränkt werden. Der Kern dieser philosophischen Theorie liegt im Entwicklungsgedanken, den die Physik definitionsgemäß ausschließt. Es kommt uns darauf an, diesen Einwand konstruktiv umzukehren. Die Konzeption der materialistischen Dialektik stellt als philosophische Verallgemeinerung *aller* Wissenschaften der Physik die Aufgabe, mögliche Folgen globaler Evolutionsprozesse in der Laborphysik näher zu untersuchen. Damit wird ein heuristisches Programm formuliert; es ist jedoch noch keine Entscheidung zugunsten dieser oder jener konkreten physikalischen Hypothese gefällt, die einen solchen Zusammenhang zum Ausdruck bringt.

¹⁴¹ W. I. Lenin, Konspekt zu Hegels „Vorlesungen über die Geschichte der Philosophie“, in: Werke, Bd. 38, Berlin 1968, S. 246.

Lenin hatte gefordert, das allgemeine Prinzip der Entwicklung mit dem allgemeinen Prinzip der Einheit der Welt zu vereinigen, zu verknüpfen.¹⁴² Die Physik nähert sich dieser Aufgabe nicht nur im Rahmen der Kosmologie. In der Thermodynamik irreversibler Prozesse wurden so allgemeine physikalische Bedingungen von Evolutionsprozessen erforscht, daß damit der Ablauf chemischer Prozesse einschließlich charakteristischer qualitativer Veränderungen mathematisch erfaßt werden kann, die Selbstorganisation der Materie im präbiotischen Zustand modellmäßig zu behandeln und das physikalische Fundament zum Verständnis der biotischen Evolution breiter geworden ist. Eine neue Quer-[237]schnittswissenschaft – die Synergetics – versucht die bisher gewonnenen Erkenntnisse zu systematisieren und auf neue Bereiche kollektiver Phänomene zu übertragen.¹⁴³ Die philosophische Verallgemeinerung der einschlägigen Resultate ermöglicht die Präzisierung unserer philosophischen Entwicklungskonzeption.¹⁴⁴

Der Leninsche programmatische Hinweis für die Theorie der materialistischen Dialektik erweist seine heuristische Wirkung auch in der Physikentwicklung. Die Physik ist aber nicht dabei, wie Weizsäcker in Anlehnung an die griechischen Naturphilosophen meint, *die* Wissenschaft von der Natur zu werden.¹⁴⁵ Sie bleibt in ihrem Kern vor allem eine Wissenschaft der unbelebten Natur. Zugleich ist sie von fundamentaler Bedeutung für jene Wissenschaften, die die höheren Bewegungsformen der Materie untersuchen. Die einzelnen Bewegungsformen, die belebte und die unbelebte Natur stehen in unserer *dialektischen Naturauffassung* nicht beziehungslos nebeneinander, sondern in einem engen dialektischen Zusammenhang, den es im einzelnen näher zu untersuchen gilt.

Der Versuch des Wiener Kreises, im *Physikalismus* alle anderen Wissenschaften auf Physik zu reduzieren, ist ebenso definitiv gescheitert wie die Bestrebungen eines Teils der naturwissenschaftlichen Schule des mechanischen Materialismus im 17. Jahrhundert. Gegen moderne Versionen, Gesellschaftstheorien auf Physik, Kybernetik und Informationstheorie zu reduzieren, lassen sich gut begründete Argumente ins Feld führen. Das Scheitern des philosophischen Reduktionismus, die *Fortschritte* in der theoretischen Chemie auf der Grundlage der Atomphysik, der Thermodynamik und der statistischen Physik, die Fortschritte in der Biologie auf der Grundlage der Quantenchemie, der Thermodynamik und der statistischen Physik sind Beweise für die Richtigkeit unserer philosophischen Konzeption von der *Materiestruktur*, insbesondere der These von den unterschiedlichen *Bewegungsformen*, ihrer Spezifik, ihrer relativen Eigengesetzlichkeit und ihres inneren Zusammenhangs.¹⁴⁶ Daß die Modelle der Physik erfolgreich sind, ohne bei der physikalischen Erklärung von Phänomenen höherer Bewegungsformen auf die Gesetzmäßigkeiten des Niveaus elementarster physikalischer Objekte zurückgreifen zu müssen, belegt vor allem den Gedanken der Existenz [238] systemspezifischer Gesetze. Die Ebene elementarster physikalischer Objekte und die Ebene biologischer Objekte sind so weit voneinander getrennt, daß die Spezifik der Gesetze der einen Ebene sich auf der anderen Ebene schon nicht mehr direkt auswirkt, sondern nur noch vermittelt über die Gesetze der dazwischenliegenden Strukturniveaus.

Der Gedanke vom inneren Zusammenhang der Gesetze elementarster Objekte der Physik und ihres komplexesten Objekts, die Hypothese von der Notwendigkeit, für eine Theorie der „Elementarteilchen“ auch die Erkenntnisse und Methoden der Biologie mit auszuwerten,¹⁴⁷ und ähnliche Überlegungen versuchen, den inneren Zusammenhang der unterschiedlichen materiellen Strukturniveaus philosophisch so zu präzisieren, daß er in der naturwissenschaftlichen Forschung heuristisch wirksam

¹⁴² Vgl. ebenda, S. 242.

¹⁴³ Vgl. Synergetics, Hrsg.: H. Haken, Stuttgart 1973; H. Haken, Introduction to Synergetics, Berlin – Heidelberg – New York 1976.

¹⁴⁴ Vgl. W. Ebeling, Physikalisch-chemische Grundlagen der Strukturbildung bei Entwicklungsprozessen, in: Struktur und Prozeß, Berlin 1977, S. 151-171; J. Erpenbeck, Philosophische Bemerkungen, in: E. Kahring/H. Beßerdich, Dissipative Strukturen, Leipzig 1977, S. 101-105.

¹⁴⁵ Vgl. C. F. von Weizsäcker, Der Garten des Menschlichen, a. a. O., S. 343.

¹⁴⁶ Vgl. K. Fuchs, Zur Bedeutung der theoretischen Physik für die Naturwissenschaften, Sitzungsberichte der AdW der DDR, 5/N/1975, Berlin 1975; R. Rompe/H.-J. Treder, Über Physik, Berlin 1979; R. Rompe/H.-J. Treder, Grundfragen der Physik, Berlin 1980.

¹⁴⁷ Vgl. I. A. Akčurin, Edinstvo estestvenno naučnogo znanija, Moskva 1974.

werden kann. Über die Fruchtbarkeit derartiger Überlegungen kann nur der weitere naturwissenschaftliche Fortschritt entscheiden. Dabei kann sich zeigen, daß der objektive Zusammenhang verschiedener Strukturniveaus noch wesentlich komplizierter und vermittelter ist, als das die genannten Hypothesen zum Ausdruck bringen. Es gilt heute als wahrscheinlich, daß eine Theorie der Fundamentarteilchen ohne Kosmologie und ohne Anleihen an das biologische Denken auskommt. Nichts deutet aber darauf hin, daß die Einheit der Welt in ihrer Materialität, der Zusammenhang zwischen den verschiedenen materiellen Strukturniveaus der objektiven Realität irgendwo unterbrochen ist. Die Einheit der physikalischen Theorien ist ausgehend von der Einheit der Welt in der Materialität und der Unerschöpflichkeit der Materie eine Einheit in der Vielfalt.

Ebenso wie wir die systemspezifischen Gesetze der einzelnen materiellen Strukturniveaus nur in bestimmter Näherung kennen, verfügen wir auch nur über bestimmte Näherungen bei der Erkenntnis der Zusammenhänge und Vermittlungen zwischen den unterschiedlichen materiellen Strukturniveaus. Da nach beiden Richtungen geforscht wird, bleibt das Thema wissenschaftlich berechtigter Reduktionen einschließlich der Möglichkeiten zu philosophisch fehlerhaften Verallgemeinerungen im Reduktionismus aktueller Gegenstand unserer weiteren philosophischen Forschung und der Auseinandersetzung mit antidialektischen Auffassungen.¹⁴⁸

[313]

¹⁴⁸ Siehe dazu auch VI, 3.

KAPITEL V

Dialektik naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozesse

Nachdem gezeigt wurde, wie sich objektive Dialektik in den Theorien der Physik und Biologie widerspiegelt, erwächst die Frage, wie derartige naturwissenschaftliche Theorien entstehen, welche Mittel und Methoden im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozeß bei der Theorienbildung angewendet werden. Der *Prozeß* der Theorienbildung ist ein komplizierter, zutiefst dialektischer Vorgang in der Entwicklung der Naturwissenschaften, der letztlich darauf gerichtet ist, daß der Mensch die Natur immer besser zu seinen Zwecken dienstbar zu machen vermag und die Welt, in der er lebt, immer besser versteht. Voraussetzung dafür ist die Kenntnis der entsprechenden Naturgesetze.

Zur Erkenntnis der Naturgesetze bedienen sich die Naturwissenschaften eines Arsenal verschiedenere Methoden, die, neben allgemeinen Zügen, in den einzelnen Wissenschaften auch jeweils über bestimmte Spezifika verfügen. Welche Methoden angewendet werden, hängt auf einer bestimmten Stufe der Erkenntnis vom Gegenstand der Untersuchung, vom anzustrebenden Ziel, aber auch von den Fähigkeiten und Fertigkeiten der auf dem entsprechenden Gebiet arbeitenden Naturwissenschaftler ab. Wichtige Mittel des Erkenntnisprozesses sind Abstraktion, Induktion und Deduktion sowie Analyse und Synthese. Diese Mittel finden in den Methoden naturwissenschaftlicher Forschung (mathematische und experimentelle Methode, historische Methode sowie Modellmethode und anderen als „übergreifende“ Methoden) ihren Platz. „Statt die eine auf Kosten der andern einseitig in den Himmel zu erheben“, sollte man mit Engels danach suchen, „sie jede an ihrem Platz anzuwenden, und das kann man nur dann, wenn man ihre Zusammengehörigkeit, ihr wechselseitiges Sichergänzen im Auge behält“.¹

Die Analyse der Wege des realen wissenschaftlichen Forschungsprozesses ist außerordentlich wichtig für die weitere Erforschung der Dialektik des Erkenntnisprozesses. Dabei erweist es sich zunehmend als notwendig, zwischen Experiment und Theorie immer mehr Bindeglieder (Hypothese, Modell, Gedankenexperiment u. a.) zu untersuchen. Das ist für das Verständnis der Art und Weise von [314] Theorienbildungen und der Interpretation von Theorien von Bedeutung und gibt zugleich die Möglichkeit, tiefer in die dialektischen Wechselbeziehungen von erkennendem Subjekt und zu erkennendem Objekt einzudringen. Bei der vertieften Behandlung der Modellmethode wird deutlich, daß es neben den Gemeinsamkeiten in der Benutzung dieser Methode Besonderheiten innerhalb der physikalischen und der biologischen Forschung gibt, die in Zukunft noch stärker in den erkenntnistheoretisch-methodologischen Untersuchungen zu beachten sind.

Neben den Fragen der Modellbildung werden in diesem Kapitel vor allem Probleme der Formalisierung und der Mathematisierung untersucht. Symbolisierung wird hier als Voraussetzung jeder Formalisierung betrachtet, Formalisierung vor allem als ein von der Logik analysiertes Mittel bei der Mathematisierung. In diesem Kontext entsteht die viel diskutierte Frage nach den Beziehungen von Logik und Dialektik. Wir gehen davon aus, daß die *Theorie* der materialistischen Dialektik eine logisch korrekte Sprache voraussetzt, ihrerseits aber nicht auf Logik reduzierbar ist. Daher geht es uns in V,4 vor allem um einen Versuch zur Präzisierung formaler Sprachregeln mit den Mitteln der Logik, während in V,5 die in V, 1–V,3 analysierten Probleme der Modellbildung nochmals unter dem Gesichtspunkt mathematischer Modellierung aufgegriffen werden.

Symbolisierung, Formalisierung und Mathematisierung sind wichtige Prozesse gegenwärtiger Wissenschaftsentwicklung, die bislang noch viel zu wenig auf mögliche philosophische Verallgemeinerungen vor allem im Hinblick auf die Theorie der materialistischen Dialektik analysiert wurden. Uns kommt es darauf an, auf die Bedeutung dieses Problems aufmerksam zu machen. Symbolisierung, Formalisierung und Mathematisierung lassen sich nicht im Sinne neopositivistischer Wissenschaftsphilosophie als „Beleg“ für Behauptungen anführen, nach denen die Entwicklung der Naturwissenschaften im 20. Jahrhundert angeblich die Sinnlosigkeit dialektischer Theorie und Methode erwiesen habe. Diese Prozesse selbst sind philosophisch zu analysieren.

¹ F. Engels, Dialektik der Natur, in: Karl Marx/Friedrich Engels, Werke (im folgenden MEW), Bd. 20, Berlin 1975, S. 496.

Neben der Mathematik und Logik hat in jüngster Zeit auch die Kybernetik Bedeutung für den Theoriebildungs- und -entwicklungsprozeß sowie die Analyse dieser Prozesse in den Naturwissenschaften erlangt. Sie lieferte beispielsweise wesentliche Beiträge zur Methode der Modellierung und stimulierte die Entwicklung ganzer Wissenschaftszweige (Biokybernetik u. a.). Deshalb ist der letzte Abschnitt dieses Kapitels (V,6) speziell den Beziehungen von Kybernetik und Dialektik gewidmet.

Die Kybernetik ist keine Naturwissenschaft. In ihrer Theorienbildung schließt sie Gesetze ein, welche unabhängig von der Spezifik einzelner Bewegungsformen gelten. Damit liefert sie wichtige Beiträge zum dialektischen Verständnis der Einheit der Welt in der Materialität. Die Entwicklung der Kybernetik als eigenständiger Wissenschaftsdisziplin wird vor allem aus mathematischen [315] und naturwissenschaftlichen Quellen gespeist. Diese erst in den letzten Jahrzehnten entstandene Wissenschaftsdisziplin gehört wie die Physiologie der höheren Nerventätigkeit und bestimmte Teilgebiete der Psychologie zu den fachwissenschaftlichen Grundlagen philosophischer Analyse des Erkenntnisprozesses, kann aber ebensowenig wie jene die dialektisch-materialistische Erkenntnistheorie ersetzen.

1. Experiment – Modell – Theorie

Wissenschaftliche Erkenntnis braucht Experimente und Theorien, aber der Weg vom Experiment zur Theorie und von der Theorie zum Experiment ist kompliziert. Er besteht aus verschiedenen, im einzelnen zu analysierenden Bindegliedern, als deren wesentlichste hier das Modell angesehen wird.

1.1. Erkenntnistheorie und naturwissenschaftliche Forschung

Im Zentrum erkenntnistheoretischer Reflexionen der Naturwissenschaftler stehen gegenwärtig die Beziehungen von Experiment, Modell und Theorie. Der hohe Grad an Abstraktion in vielen physikalischen Theorien, die zunehmende Bedeutung der Modellmethode in zahlreichen Bereichen naturwissenschaftlicher Forschung und die Tendenzen zu einer relativ eigenständigen Theorieentwicklung innerhalb der Chemie, der Biologie und anderer Naturwissenschaften verlangen vom Philosophen die Vertiefung und Präzisierung unserer Erkenntnisse über die Dialektik des Erkenntnisprozesses.²

Dabei geht es vor allem um die theoretischen Überlegungen zum Theoriebildungsprozeß, die Wege des Erkennens und das Verhältnis von experimenteller und theoretischer Tätigkeit in der Arbeit des Wissenschaftlers. Sicher könnte dieser Problemkatalog noch erweitert werden, aber er umfaßt mit den drei genannten Komplexen wesentliche Aspekte des Erkenntnisprozesses, die der philosophischen Analyse bedürfen.

[316] Mit dem immer tieferen Eindringen in das Wesen der natürlichen und gesellschaftlichen Prozesse wuchs die Kenntnis über die objektiven Gesetzmäßigkeiten, aber auch das Interesse an der wissenschaftlichen Erforschung des Erkenntnisprozesses selbst. Kants Versuch, Empirismus und Rationalismus zu überwinden, schlug fehl. Entscheidende Fortschritte auf diesem Gebiet konnte nur die wissenschaftliche Untersuchung der materiellen Grundlagen der Bewußtseinsvorgänge mit sich bringen. Deren Ergebnisse mit der Erkenntnis von Marx verbunden, daß es das gesellschaftliche Sein der Menschen ist, das ihre Bewußtseinsinhalte bestimmt, führten zu einer Durchbrechung einer als ewig angesehenen Erkenntnisranke. So hielt noch Du Bois-Reymond die Unfähigkeit, „geistige Vorgänge aus materiellen Bedingungen zu begreifen“, für eine ewige Grenze des Naturerkennens.³ Wohl begründete er das materialistische Herangehen an die geistigen Erscheinungen. Er lehnte die idealistische philosophische Haltung ab, das Denken nur aus sich heraus zu erklären, und folgte der materialistischen Tradition von La Mettrie. Der Naturforscher wird nach ihm „die geistigen Erscheinungen wohl als ganz besondere Klasse der ihn umgebenden Erscheinungen auffassen, sonst aber bei deren Zergliederung und Ergründung so verfahren, wie gegenüber jeder anderen neu hervortretenden Tätigkeitsäußerung der Materie, beispielsweise der Elektrizität. Er wird streben, durch Versuch und

² Vgl. P. W. Kopnin, Dialektik, Logik, Erkenntnistheorie, Berlin 1970; V. A. Stoff, Modellierung und Philosophie, Berlin 1969; A. I. Uemov, Logičeskie osnovy metoda modelirovanija, Moskva 1971; siehe auch: D. Wittich/K. Göbner/A. Kosing/H. Seidel (Hrsg.), Studien zur Erkenntnistheorie, Berlin 1973 ff.; Rostocker Philosophische Manuskripte, Rostock 1965 ff.; Experiment – Modell – Theorie, Materialien des Zentralinstituts für Philosophie der AdW der DDR, Berlin 1977.

³ E. du Bois-Reymond, Vorträge über Philosophie und Gesellschaft, Hrsg.: S. Wollgast, Berlin 1974, S. 73.

Beobachtung die Bedingungen dieser Äußerung festzustellen, und wie er dabei dem ersten Dämmerchein geistiger Tätigkeit in der Tierreihe nachspüren wird, so wird er freilich auch, wiederum an der Hand der Erfahrung, in den Schacht des eigenen Bewußtseins niedersteigen.“⁴

Eben in dieser Richtung wurden durch die Physiologen des 19. und 20. Jahrhunderts entscheidende Fortschritte erzielt. Wir begreifen das Bewußtsein immer besser als Entwicklungsprodukt und Eigenschaft der Materie sowie als spezifisch menschliche Form der Widerspiegelung der objektiven Realität. Theoretische Überlegungen zum Theoriebildungsprozeß befassen sich einerseits mit den materiellen Grundlagen der Informationsverarbeitung, des problemlösenden Denkens, der Zeichenerkennung usw. Andererseits werden formalisierbare Strukturen im Prozeß der Theorienbildung, im Beweisverfahren, in der Modellierung usw. gesucht. Beide Aspekte besitzen eine relative Selbständigkeit, müssen jedoch auch in ihrer inneren Einheit gesehen werden. F. Klix macht mit seiner Konzeption, die eine tiefgehende philosophische Analyse ermöglicht, auf die Beziehung zwischen beiden Aspekten aufmerksam, wenn er schreibt: „Auf einer hohen Stufe gesellschaftlich erworbenen und vermittelten Wissensbesitzes wird es der menschlichen Erkenntnistätigkeit möglich, hinter die Gesetze ihres eigenen [317] Ursprungs, ihrer Wirkungsweise und ihrer Leistungsfähigkeit zu kommen. Die Erkenntnisfähigkeit des Menschen erreicht ein Stadium, in dem sie mit sich selbst experimentieren, sich selbst verändern und dadurch erkennen kann. Das ist begründet und abgeleitet. In der Zukunft muß das zu einer fortwährenden Erweiterung der natürlichen Grenzen eben dieser Leistungsfähigkeit führen.“⁵

Wissenschaftliche Erkenntnis befaßt sich auch mit den Gesetzen der Erkenntnis selbst. Sie kann das deshalb, weil die materiellen Grundlagen der Bewußtseinsprozesse erforschbar sind, die als materielle Prozesse durch ihre Strukturen codierte Informationen über die objektive Realität liefern. Dabei kann der Prozeß der Informationsvermittlung über genetische Strukturen, materielle Wirkungen auf den wahrnehmungsfähigen Organismus und über das Verständnis bedeutungstragender Zeichen verfolgt werden. Darüber hinaus sind vom Marxismus-Leninismus die Rolle von Ideen untersucht und ihre Determinanten aufgedeckt worden. Wissenschaftliche Erkenntnis des Erkenntnisprozesses hat also nicht Ideen, Theorien, Vorstellungen allein zum Gegenstand, sondern ihre materiellen Grundlagen und ihre gesellschaftlichen Determinanten. Sicher ist hier noch viel Forschungsarbeit zu leisten, aber eine prinzipielle Erkenntnisgrenze existiert nicht.

Wenn wir uns philosophisch mit den theoretischen Überlegungen zum Theoriebildungsprozeß befassen, wie sie von der Kybernetik, der Mathematik, der Physiologie und Psychologie usw. vorgelegt werden, dann ist die philosophische Analyse des wirklichen Theoriebildungsprozesses selbst eine wesentliche Voraussetzung für die philosophische Deutung theoretischer Überlegungen zu diesem Prozeß. Offensichtlich vollzieht sich hier ein Prozeß der Wissenschaftsentwicklung, den man als Ausgliederung wissenschaftlicher Fragestellungen aus der philosophischen Erkenntnistheorie in einzelwissenschaftliche Disziplinen bezeichnen kann und der darauf hinweist, daß auch heute die Philosophie neben der Lösung ihrer eigentlichen weltanschaulichen Aufgaben noch als Reservoir für neue Wissenschaftsdisziplinen dient.⁶ Die Ausarbeitung einer der gegenwärtigen Wissenschaftsentwicklung entsprechenden Erkenntnistheorie kann nicht die Aufgabe der Philosophie allein sein. Weil sie jedoch für die einzelwissenschaftliche Forschung weltanschauliche, erkenntnistheoretische und methodologische Grundlagen liefern muß, beteiligt sie sich durch die Analyse einzelwissenschaftlicher Erkenntnisse, der Wissenschaftsgeschichte und der philosophisch-erkenntnistheoretischen Auffassungen von Wissenschaftlern an der Erforschung der objektiven Gesetze des Erkenntnisprozesses. Der philosophische Aspekt der Untersuchung des Erkenntnisprozesses besteht in der Begründung der Widerspiegelungs-[318]auffassung, in der Beachtung des historischen Charakters der Erkenntnis und in der Dialektik des Erkenntnisprozesses.

Deshalb hat auch der zweite Problemkomplex, nämlich die Wege des Erkennens, große Bedeutung für die philosophische Analyse. Es gibt keinen eindeutigen linearen Erkenntnisweg, der vom

⁴ Ebenda, S. 97.

⁵ F. Klix, *Information und Verhalten*, Berlin 1973, S. 20.

⁶ Vgl. H. Hörz, *Marxistische Philosophie und Naturwissenschaften*, Berlin 1974, S. 13 ff.

Experiment zur Theorie und von dort zur praktischen Nutzung verläuft. Die Diskussion um die Entwicklung der Physik in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts macht die Kompliziertheit wissenschaftlicher Erkenntnis deutlich. Für Einstein lag das eigentlich schöpferische Prinzip in der Mathematik. Für ihn war die Natur die Realisierung des mathematisch denkbar Einfachsten. Mathematische Begriffe werden danach durch Erfahrung nahegelegt, aber nicht aus ihr abgeleitet, obwohl die Erfahrung das einzige Kriterium dafür ist, ob eine mathematische Theorie brauchbar ist oder nicht.⁷ Für Heisenberg dagegen wurden Bilder aus der Erfahrung erschlossen oder erraten und nicht aus theoretischen Berechnungen gewonnen. Diese Haltung, die auch ihren methodologischen Ausdruck in dem von ihm benutzten Beobachtbarkeitsprinzip fand, wurde später aufgegeben, als es um die Begründung der einheitlichen Feldtheorie ging. In dieser Zeit findet man eine Annäherung der erkenntnistheoretisch-methodologischen Standpunkte von Heisenberg an die von Einstein.⁸ Dieser Hinweis auf erkenntnistheoretische Diskussionen soll nur plausibel machen, daß die Wege des Erkennens in ihrer inneren Kompliziertheit zu untersuchen sind. Dabei hilft es auch nicht, wenn man die analysierende, messende, quantifizierende Betrachtungsweise durch eine synthetisierende Gesamtschau ersetzen will.⁹ Es gilt die Dialektik von Analyse und Synthese im Erkenntnisprozeß selbst aufzudecken.

Drittens geht es um das Verhältnis von experimenteller und theoretischer Tätigkeit in der wissenschaftlichen Arbeit. Bezogen auf die Physik hat K. Fuchs die Einheit beider Tätigkeiten hervorgehoben. Für ihn besteht die wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweise in der Einheit der theoretischen und experimentellen Tätigkeit. Sie muß im Denken des Theoretikers und Experimentators realisiert werden, trotz der in der Arbeit notwendigen Differenzierung.¹⁰ Das ist sicher eine wichtige erkenntnistheoretische Forderung, die sich gegen Extreme in der Erkenntnis wendet, denn die nicht realisierte Einheit kann bei Unterschätzung des Experiments zur Spekulation und bei Mißachtung der Theorie zum Empiris-[319]mus führen. Aber die Problematik besteht in der tatsächlich notwendigen Differenzierung in der Forschungsarbeit; diese Einheit kann oftmals nicht mehr von einzelnen Wissenschaftlern und selbst kaum noch von kleineren Wissenschaftlergruppen realisiert werden.

Der gesellschaftliche Erkenntnisprozeß umfaßt die Einheit von experimenteller und theoretischer Tätigkeit, um objektive Wahrheiten über die Beziehungen und Gesetze der Natur und Gesellschaft zu erkennen, deren Erkenntnis genutzt wird, um natürliche und gesellschaftliche Prozesse mit menschlicher Zielsetzung unter bestimmten gesellschaftlichen Verhältnissen bewußt zu gestalten. Das Zurückbleiben eines Teils der einheitlichen wissenschaftlichen Tätigkeit, sei es die experimentelle Basis oder die theoretische Verallgemeinerung und Durchdringung des experimentellen Materials oder gar die notwendige Überführung wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Praxis, kann zu erheblichen Effektivitätsverlusten führen.

Für Engels war die Entwicklung der Naturwissenschaft im 19. Jahrhundert dadurch gekennzeichnet, daß die Trennung zwischen Empirie und Theorie, worunter er empirische Methoden zur Erkenntnisgewinnung einerseits und die allgemein-theoretischen, im wesentlichen philosophischen Überlegungen andererseits verstand, immer mehr verschwindet. Bei ihm heißt es: „Die Resultate der modernen Naturwissenschaft drängen sich eben einem jeden, der sich mit theoretischen Dingen beschäftigt, mit derselben Unwiderstehlichkeit auf, mit der die heutigen Naturforscher, wollen sie's oder nicht, zu theoretisch-allgemeinen Folgerungen sich getrieben sehn. Und hier tritt eine gewisse Kompensation ein. Sind die Theoretiker Halbwisser auf dem Gebiet der Naturwissenschaft, so sind es die heutigen Naturforscher tatsächlich ebensosehr auf dem Gebiet der Theorie, auf dem Gebiet dessen, was bisher als Philosophie bezeichnet wurde.“¹¹ Die Überwindung des Empirismus war für Engels mit der bewußten Einsicht in die Dialektik der Erkenntnis verbunden. Der angehäuften Erkenntnisstoff muß nach

⁷ Vgl. A. Einstein, *Mein Weltbild*, Frankfurt a. M. 1955, S. 116 f.

⁸ Vgl. W. Heisenberg, *Der Teil und das Ganze*, München 1969, S. 63; zur Änderung der Auffassungen Heisenbergs vgl. H. Hörz, *Werner Heisenberg und die Philosophie*, Berlin 1968.

⁹ Vgl. W. Heitler, *Der Mensch und die naturwissenschaftliche Erkenntnis*, Braunschweig 1961.

¹⁰ Vgl. K. Fuchs, *Zur Bedeutung der theoretischen Physik für die Naturwissenschaften*, in: *Sitzungsberichte der AdW der DDR*, 5/N/1975, Berlin 1975; vgl. J. A. Akčurin, *Edinstvo estestvenno-naučnogo znanija*, Moskva 1974.

¹¹ F. Engels, *Dialektik der Natur*, in: *MEW*, Bd. 20, a. a. O., S. 330.

ihm systematisiert und entsprechend seinem inneren Zusammenhang geordnet werden. Auch die verschiedenen Erkenntnisgebiete weisen wichtige Beziehungen zueinander auf, die es zu erforschen gilt. Hier versagen nach Engels die Methoden der Empirie. Dabei kann nur das theoretisch-philosophische, das dialektische Denken weiterhelfen, denn das theoretische Denken ist ein historisches Produkt, und die Wissenschaft davon muß deshalb die geschichtliche Entwicklung des menschlichen Denkens berücksichtigen. Deshalb betont er: „Grade die Dialektik ist aber für die heutige Naturwissenschaft die wichtigste Denkform, weil sie allein das Analogon und damit die Erklärungsmethode bietet für die in der Natur vorkommenden Entwicklungsprozesse, für die Zu-[320]sammenhänge im ganzen und großen, für die Übergänge von einem Untersuchungsgebiet zum andern.“¹²

Wenn wir die Situation in unserem Jahrhundert mit den Überlegungen von Engels vergleichen, so hat sich die Einsicht in die notwendige Erforschung der Entwicklung wissenschaftlichen Denkens noch mehr gefestigt. Die Versuche, die Gesetze wissenschaftlichen Erkennens allein durch Sprachanalyse zu finden, haben nur zu Teilerfolgen geführt. Der philosophisch begründete Empirismus führte zu seiner Negation im Historismus¹³ und kam damit an die Dialektik der Erkenntnis heran, ohne sie bewußt zum Untersuchungsobjekt zu machen. Heute drängt die naturwissenschaftliche Entwicklung noch mehr zur theoretischen Erforschung der objektiven Dialektik und der Dialektik der Erkenntnis. So zwingt die Anwendung physikalischer und chemischer Methoden in der Biologie zur Auseinandersetzung mit dem philosophischen Reduktionismus und zur Begründung wissenschaftlich berechtigter Reduktionen. Die Ökologiediskussion weist auf die natürlichen Grundlagen gesellschaftlicher Entwicklungsprozesse hin, wobei es um die bewußte Gestaltung einer menschenfreundlichen Umwelt geht. Und nicht zuletzt wird der Erkenntnisprozeß selbst mit wissenschaftlichen Mitteln untersucht.

Man könnte der Auffassung sein, daß die gegenwärtigen Probleme nur mit modernsten Mitteln der Wissenschaft zu lösen sind, was sicher auch weitgehend zutrifft, aber nicht zur Vernachlässigung der Geschichte führen darf. Jedes Problem hat seine Geschichte. Deshalb „ist die Bekanntschaft mit dem geschichtlichen Entwicklungsgang des menschlichen Denkens, mit den zu verschiedenen Zeiten hervorgetretenen Auffassungen der allgemeinen Zusammenhänge der äußeren Welt auch darum für die theoretische Naturwissenschaft ein Bedürfnis, weil sie einen Maßstab abgibt für die von dieser selbst aufzustellenden Theorien. Der Mangel an Bekanntschaft mit der Geschichte der Philosophie tritt hier aber oft und grell genug hervor. Sätze, die in der Philosophie seit Jahrhunderten aufgestellt, die oft genug längst philosophisch abgetan sind, treten oft genug bei theoretisierenden Naturforschern als funkelneue Weisheit auf und werden sogar eine Zeitlang Mode.“¹⁴ Die Diskussion um die Subjekt-Objekt-Problematik in der Quantentheorie hat beispielsweise gezeigt, daß neben den neuen Elementen des Meßprozesses, die durch die spezifische Art der entsprechenden physikalischen Wechselwirkung bedingt sind, auch veraltete philosophische Ansichten auflebten, die die Veränderung des Objekts durch das Subjekt als Widerlegung des Materialismus betrachteten. [321]

1.2. Zur Stellung von Experiment, Modell und Theorie im Erkenntnisprozeß

In Auseinandersetzung mit Kant hatte Hegel die Bedeutung der wissenschaftlichen Abstraktion betont, und Lenin verteidigte die Auffassung, daß wissenschaftliche Abstraktionen die Natur tiefer und vollständiger widerspiegeln. „Von der lebendigen Anschauung zum abstrakten Denken und von diesem zur Praxis – das ist der dialektische Weg der Erkenntnis der Wahrheit, der Erkenntnis der objektiven Realität“, schreibt Lenin.¹⁵ Wir können die objektiv-realen Beziehungen und Gesetze in unserem Netz von Begriffen und dialektischen Bestimmungen dann vollständiger erfassen, wenn wir durch Experimente die Wirklichkeit analysieren, durch theoretische Arbeit die analysierten Momente synthetisieren und unser Begriffsnetz selbst ständig erweitern, um es für neue Beziehungen aufnahmefähig zu machen. Die Erkenntnis der Gesetze ist die wesentliche Voraussetzung, um die Wissenschaft für die Praxis effektiv werden zu lassen. Das soll keine Unterschätzung der Empirie, das heißt der in der praktischen Tätigkeit erworbenen Fähigkeiten und Fertigkeiten sein, die zu intuitiven Einsichten in

¹² Ebenda. S. 330 f.

¹³ Vgl. Th. S. Kuhn, Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen, Frankfurt a. M. 1967.

¹⁴ F. Engels, Dialektik der Natur, in: MEW, Bd. 20, a. a. O., S. 331.

¹⁵ W. I. Lenin, Philosophische Hefte, in: Werke, Bd. 38, Berlin 1964, S. 160.

gesetzmäßige Zusammenhänge führen kann und somit auch Material für die theoretische Analyse gibt. Aber die Empirie liefert nur zeitweilige Vorteile, ist oft an die bestimmten Fähigkeiten und Fertigkeiten eines einzelnen gebunden und verhindert so die allgemeine Nutzung, die erst durch wissenschaftliche Einsichten möglich ist. Mit Theorie und Experiment sollen deshalb zwei wesentliche Pole des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses philosophisch untersucht werden. Das Modell wird als eine heute wesentliche Entwicklungsform der Wissenschaft betrachtet.¹⁶ Berechtigte wissenschaftliche Reduktionen dürfen dabei nicht zum philosophischen Reduktionismus führen.¹⁷

1.2.1. Das Experiment als objektiver Analysator der Wirklichkeit

Mit wissenschaftlichen Experimenten organisieren wir bewußt Erscheinungen unter bestimmten Bedingungen, die ein Moment des Wesens der untersuchten Erscheinungen zeigen, das gedanklich herausgefunden werden muß. Das Wesen des Experiments besteht darin, objektiver Analysator der Wirklichkeit zu sein. Dabei muß zwischen experimenteller Methode und dem Experiment als dem Bestandteil dieser Methode unterschieden werden, wie das Parthey und Wahl betonen. Sie heben drei Schritte der experimentellen Methode hervor, nämlich [322] die Gewinnung einer experimentellen Fragestellung aus der zu überprüfenden Hypothese, die Durchführung des Experiments und die Deutung seiner Ergebnisse.¹⁸ Diese Einteilung kann noch weiter differenziert werden, um das genannte Wesen des Experiments deutlich zu machen. Die experimentelle Tätigkeit selbst ist eine Einheit von theoretischen und empirischen Elementen des Erkenntnisprozesses. Manche Entdeckung beruht auf der empirischen Tätigkeit des Experimentators und dem theoretischen Verständnis für die erzielten Resultate. Denken wir etwa an die Entwicklung der Technik und vor allem an die Ergebnisse der Renaissance-Techniker, die die Grundlage für die physikalischen Theorien des 16. und 17. Jahrhunderts waren.

Die Voraussetzung für die Anwendung der experimentellen Methode ist die Aufarbeitung des bisherigen Standes der theoretischen und experimentellen Forschung, um im ersten Schritt zur Formulierung der experimentell zu lösenden Problematik und zu prinzipiell durchführbaren Vorschlägen für Experimente zu kommen. So entstand bei der Untersuchung der K-Mesonen in der Elementarteilchenphysik das „Tau-Theta-Rätsel“. K-Mesonen zerfallen sowohl in zwei als auch in drei Pionen. Nach dem Paritätserhaltungssatz zerfällt ein Teilchen mit der Parität + 1 in zwei und ein Teilchen mit der Parität – 1 in drei Pionen. Entweder existierten also zwei K-Mesonen Tau und Theta, dann gilt der Paritätserhaltungssatz, oder beide sind identisch, und der Erhaltungssatz ist durchbrochen. Lee und Yang stellten nach der Analyse der vorliegenden Forschungsergebnisse die Hypothese auf, daß vielleicht in den schwachen Wechselwirkungen die Parität nicht erhalten bleibt. Sie verwiesen auf die experimentelle Methode und schlugen Experimente mit dem Betazerfall, mit Pionen und Myonen vor, ohne sie selbst durchzuführen. Der zweite Schritt in der experimentellen Methode ist die gedankliche Vorbereitung des konkreten Experiments durch die Festlegung der Konstanten und Variablen, durch die Analyse des Meßprozesses und die Auswahl der Geräte. Dieser Schritt wurde mit den Arbeiten von Lee und Yang begonnen und in der Experimentatorengruppe, die den Vorschlag aufnahm, fortgesetzt. Diese vollzog auch den dritten Schritt, nämlich den Aufbau des Experiments und seine Durchführung. Für das Experiment selbst sind die Fähigkeiten der Experimentatorengruppe entscheidend, die theoretisch vorgeschlagenen Experimente nach ihrer gedanklichen Vorbereitung auch zu realisieren, Schmutzeffekte zu beseitigen und so einwandfreie Daten zu erhalten.

Die drei Schritte der experimentellen Methode sind subjekt-abhängig, das heißt durch die Fähigkeiten der Theoretiker und Experimentatoren bestimmt, Fragen an die Natur zu stellen und solche Bedingungen zu schaffen, die eine Antwort [323] ermöglichen. Der Verlauf des Experiments ist jedoch ein objektiver Vorgang, dessen Ergebnis ein Moment des Wesens des zu erforschenden Objekts oder Prozesses offenbart, wenn die subjektiven Voraussetzungen stimmen. Eben deshalb ist das Wesen des Experiments die objektive Analyse der Wirklichkeit. Mit der Objektivität wird die Subjektunabhängigkeit der Ergebnisse betont. Wohl ist der Ablauf durch Bedingungen bestimmt. Bestimmte Faktoren

¹⁶ Vgl. auch V. 2. und V. 3.

¹⁷ Vgl. auch I. 2. und VI. 3.

¹⁸ Vgl. H. Parthey/D. Wahl, Die experimentelle Methode in Natur- und Gesellschaftswissenschaften, Berlin 1966, S. 112 ff.

werden konstant gehalten, um die Veränderung eines Faktors oder eines Komplexes von zusammenhängenden Faktoren bestimmen zu können. Gerade die Änderung dieser Faktoren ist nicht vorherzu-bestimmen. Das macht das Experiment zu einem objektiven Kriterium der Wahrheit von Hypothesen. Die Bedingungen, die bewußt zur Modifikation der objektiven Prozesse geschaffen wurden, sind die Grundlage der analysierenden Seite des Experiments. Mit ihnen werden aus dem Komplex objektiver Beziehungen bestimmte hervorgehoben. Es handelt sich also um einen durch das erkennende Subjekt bedingten Ablauf des Geschehens, der in seinem Ergebnis objektiv, das heißt subjektunabhängig ist, aber durch die Bedingungen nur ein Moment des Wesens zeigt. Das Experiment als objektiver Analysator der Wirklichkeit, vom Menschen bewußt zur Erkenntnisgewinnung eingesetzt, zergliedert objektive Zusammenhänge, läßt wesentliche Seiten hervortreten und hilft uns so, die Wirklichkeit überhaupt erst zu erkennen. Die Totalität des Geschehens muß differenziert werden oder wie Engels, bezogen auf das Auge, meinte, „ein Auge, das alle Strahlen sähe, sähe ebendeshalb gar nichts“¹⁹.

Der vierte Schritt der experimentellen Methode wäre nun die Auswertung der Daten. Sie dient der gedanklichen Hervorhebung der durch das Experiment analysierten Momente des Wesens der gesamten zu untersuchenden Erscheinung. In dem erwähnten Experiment der Hochenergiephysik erwies sich die Parität bei schwachen Wechselwirkungen als durchbrochen. Damit war die Hypothese mit Hilfe der experimentellen Methode bestätigt worden. Das führte zu einer Vielzahl von theoretischen Diskussionen, in denen sich die experimentellen Ergebnisse als Grundlage für die Synthese der analysierten Wesensmomente erwiesen. Es zeigte sich, daß die Symmetrie in der Wirklichkeit komplizierter ist, als es in der Forderung nach Paritätserhaltung für schwache Wechselwirkungen zum Ausdruck kam.²⁰ Die experimentelle Methode baut also auf der Theorie auf. Sie nutzt die bisherigen theoretischen Einsichten in die Beziehungen und Gesetze des zu untersuchenden Bereichs, muß die Theorie des Meßprozesses und der verwendeten Geräte berücksichtigen und führt zu einer Belebung der theoretischen Diskussion, indem die analysierten Wesensmomente selbst zur Synthese drängen. [324]

1.2.2. Zum Verhältnis von Experiment und Theorie

Während das Wesen des Experiments in der objektiven Analyse besteht, ist das Wesen der Theorie die durch den erkennenden Menschen vorgenommene Synthese der analysierten Wesensmomente. Die Theorie ist nicht einfach eine systematisch geordnete Menge von Aussagen über die objektive Realität. Durch die Zusammenfassung der erkannten wesentlichen Beziehungen und Gesetze zu einem Gesetzssystem mit den entsprechenden Existenzbedingungen ermöglicht sie vor allem die Erklärung objektiv realer Prozesse. Theorie und Experiment charakterisieren damit zwei Pole im Erkenntnisprozeß, nämlich die objektive Analyse und die subjektive Synthese. Eine solche Feststellung hat nichts mit Subjektivismus zu tun, sondern hebt die aktive schöpferische Rolle des erkennenden Menschen hervor, der die objektive Realität widerspiegelt. Ihre Bedeutung erlangt die Theorie als Widerspiegelung der objektiven Beziehungen und Gesetze durch die Synthese der aus der gedanklichen Analyse experimenteller Daten gewonnenen Momente des Wesens. Eben durch diese Synthese kann sie die Wirklichkeit vollständiger und tiefer erfassen, weil sie das existierende Konkrete, eben den zu untersuchenden Prozeß, mit Hilfe der Abstraktion und gestützt auf die experimentelle Methode analysiert, um zum geistig reproduzierten Konkreten zu kommen, das sich als Gesamtheit abstrakter Bestimmungen erweist.

Die Unterschätzung der Theorie ist nach Engels der sicherste Weg, falschen Theorien zu verfallen. Man kann hinzufügen, daß unter den Bedingungen einer hochentwickelten Theorie auch die Bedeutung des Experiments wächst. Ein gutes Experiment ist deshalb von dauernder Bedeutung für die Wissenschaft, weil an ihm die weitere theoretische Forschung orientiert werden kann. Auch mit der Aufstellung neuer Theorien kann das durch das Experiment aufgedeckte Moment des Wesens der objektiven Realität nicht verlorengehen. Es kann in eine andere Synthese eingebaut und durch andere Wesensmomente ergänzt werden. Jede Theorie beruht auf bestimmten einsichtigen Voraussetzungen, die oft einer empirischen Bestätigung nicht oder nur bedingt zugänglich sind. Diese Voraussetzungen sind ständig kritisch zu überprüfen, ob sie dem Stand der experimentellen Erkenntnisse noch entsprechen. Die Bedeutung

¹⁹ F. Engels, Dialektik der Natur, in: MEW, Bd. 20. a. a. O., S. 506.

²⁰ Zur philosophischen Analyse des Verhältnisses von Symmetrie und Asymmetrie vgl. V. S. Gott, *Filosofskie voprosy sovremennoj fiziki*, Moskva 1972; H. Hörz, *Materiestruktur*, Berlin 1971.

dieses Vorgehens zeigte die Einsteinsche Kritik an der Auffassung von der Gleichzeitigkeit der Ereignisse. Das Theoriengebäude einer Wissenschaft ist veränderlich und unterliegt der Entwicklung. Gerade deshalb darf die theoretische Forschung nicht unterschätzt werden, weil die Synthese der experimentell analysierten Wesensmomente ohne Beachtung der notwendigen Arbeit an der Theorie mit veralteten Vorstellungen erfolgen kann, die sich aus früheren Theorien dem Gedächtnis eingeprägt haben.

Der Platz der Theorie im wissenschaftlichen Erkenntnisprozeß ist deshalb nicht allein nur durch ihre synthetische Funktion zu bestimmen. Logik und Mathe-[325]matik sind wesentliche Hilfsmittel zur Ordnung der theoretischen Aussagen. Mehr noch! Da sich die Mathematik mit denkmöglichen formalisierbaren Beziehungen in Systemen mit ideellen Objekten befaßt, erfüllt sie mit ihrer Nutzung zur Darstellung theoretischer Aussagen auch ihre heuristische Funktion.²¹ So können sich nichtinterpretierte Ausdrücke aus den Konsequenzen mathematisch-theoretischer Überlegungen ergeben, die neue Experimente stimulieren und auf objektiv-reale Beziehungen verweisen, die bisher nicht erkannt waren. Wie schon betont, wird die empirische Erkenntnis erst durch die Theorie auf die Ebene der systematischen Gesetzeserkenntnis gehoben, die es gestattet, reale Möglichkeiten zur bewußten Um- und Neugestaltung natürlicher und gesellschaftlicher Prozesse zu erkennen. Die theoretische Begründung von Erkenntnissen, der Aufbau und die Auswertung der Experimente, die Theorie der Messung und das theoretische Verständnis der objektiven Beziehungen und Gesetze sind schöpferische Momente der Wissenschaftsentwicklung. Mit der Entwicklung der Theorie wird die Voraussetzung geschaffen, objektive Prozesse auf neue Art und Weise zu beherrschen.

Theoretische Auffassungen unterliegen einem starken Verschleiß. Sie sind um so langlebiger und effektiver, je mehr und je gewichtigere experimentelle Ergebnisse, in denen verschiedene Wesensmomente analysiert sind, sie stützen. Insofern ist die experimentelle Arbeit wesentliche Grundlage und entscheidende Stimulanz der theoretischen Arbeit. Zwischen Experiment und Theorie existieren dabei eine Reihe von Bindegliedern, die zugleich Entwicklungsformen der Wissenschaft sind. Dazu gehören die Hypothesen, die Gedankenexperimente und heute vor allem die Modelle.

1.2.3. Die Rolle des Modells im wissenschaftlichen Erkenntnisprozeß

Es gibt verschiedene Klassifizierungsversuche für Modelle, die für die Modelltheorie von Bedeutung sind und die hier nicht betrachtet werden.²² Sie zeigen die Breite des Spektrums von Erkenntnisformen, die mit dem Modellbegriff erfaßt wird. Die Modellmethode (Modellierung) ist die Nutzung, Reproduktion oder Produktion eines dem Erkenntnisobjekt, seiner Struktur, Funktion, Veränderung und Entwicklung analogen (homologen) materiellen oder ideellen Gebildes, mit dem experimentell und theoretisch gearbeitet werden kann, um Erkenntnisse [326] zu gewinnen, mit denen das Objekt in für die Erkenntnis wesentlichen Strukturen, Funktionen, Veränderungen oder Entwicklungen erfaßt wird. Modelle sind materielle oder ideelle (Re-)Produktionen von möglichen und wirklichen Prozessen, Beziehungen und Funktionen durch ein Erkenntnissubjekt mittels Analogien (Homologien) oder das Nutzen solcher Analogien (Homologien) in anderen materiellen und ideellen Systemen zur Erkenntnis des modellierten Objekts.²³ Der Erkenntnisprozeß ist dabei durch das Aufsteigen vom sinnlich Konkreten zum Abstrakten und zum geistig reproduzierten Konkreten charakterisiert, das eine

²¹ Zur heuristischen Funktion der Mathematik als Bestandteil der Widerspiegelungsfunktion vgl. H. Hörz, *Marxistische Philosophie und Naturwissenschaften*, a. a. O., S. 242 ff.

²² Dazu existiert eine Reihe von mathematischen und kybernetischen Arbeiten. Zur philosophischen Problematik vgl. auch die Arbeiten von V. A. Štoff und A. I. Uemov, vgl. dazu auch V. 5. und V. 6.

²³ Die Homologie kann als ein Spezialfall der Analogie in zweifacher Hinsicht verstanden werden, nämlich in genetischen und in strukturellen Zusammenhängen. In der Biologie werden homologe Organe im Entwicklungsprozeß auf einen Ausgangstyp zurückgeführt. Es geht dabei also um genetische Zusammenhänge zwischen der Ausgangsqualität und neuen, möglicherweise höheren Qualitäten. Die Modellierung von Entwicklungsprozessen muß diese Homologien zwischen Ausgangs-, neuer und höherer Qualität berücksichtigen, weil die in der Analogie enthaltene scheinbare Rückkehr der höheren Endqualität eines Entwicklungszyklus zu Beziehungen der Ausgangsqualität zwar Gemeinsamkeiten zwischen beiden aufdeckt, aber die Unterschiede nicht beachtet, die in der qualitativ besseren Erfüllung der Funktion bestehen. Neben den genetischen Zusammenhängen gibt es die bereits erwähnten strukturellen Zusammenhänge zwischen den Erscheinungsformen einer Grundqualität, die mit verschiedenen Strukturen die Funktion der Grundqualität erfüllen. Hier könnte man ebenfalls von Homologien sprechen.

Gesamtheit der analysierten abstrakten Bestimmungen darstellt und als ideeller Repräsentant der wirklichen Objekte und Beziehungen in der Theorienbildung fungiert. So sind solche ideellen Repräsentanten für die Wirklichkeit wie Elementarteilchen, Molekül, Objekt, Subjekt, Persönlichkeit usw. immer wieder auf ihre Übereinstimmung mit der Wirklichkeit zu überprüfen, weil die Gefahr für einseitige theoretische Folgerung sich schnell aus der ständigen Arbeit mit idealisierten Objekten ergeben kann. Da die Überprüfung der ideellen Repräsentanten und ihrer in der Theorie fixierten Beziehungen nicht immer direkt durch Experimente möglich ist, dienen Modelle als Hilfsmittel der Erkenntnis. Sie haben deshalb ihren Platz in der experimentellen und theoretischen Tätigkeit des Wissenschaftlers. Sie dienen der Veranschaulichung der Theorie ebenso wie der Vorbereitung der Theorie und der Entwicklung neuer Theorien. Versuchen wir diese drei Aspekte etwas näher zu bestimmen.

Erstens dient das Modell der Theoriebelegung und der Veranschaulichung der Theorie. Bei der Überprüfung komplexer Theorien an der Wirklichkeit ergeben sich oft Schwierigkeiten verschiedenster Art. So kann die Abstraktheit der Theorie dazu führen, daß nicht alle semantischen Stufen bis zur objektiven Realität gegangen werden können, weil die bisherigen Kenntnisse dazu nicht reichen oder die experimentelle Überprüfung nicht möglich, vielleicht auch zu aufwendig ist. Die Theorie umfaßt manchmal nur Teilaspekte komplexerer objektiv-realer Beziehungen, oder der Humanismus verbietet Experimente am [327] Menschen, weil das Risiko zu groß ist. Auf jeden Fall kann die Theorie oder können Teilaspekte von ihr an Modellen überprüft werden, die als Objektersatz dienen. Der Erkenntnisweg geht hier also von, der Theorie über die Modelle, den Als-ob-Objekten, zur Wirklichkeit.

Zweitens werden experimentelle Daten in Modellen als Vorstufen der Theorie erfaßt. Das Modell enthält hier bereits Elemente der Synthese der analysierten Wesenselemente, ohne daß schon das für die Theorie wichtige Gesetzssystem erkannt wäre. Das Modell hat hier den Charakter einer Als-ob-Theorie, und oft werden theoretische Ansätze als Modelle und Modelle als theoretische Konzeptionen bezeichnet. Der Erkenntnisweg geht dann also vom theoretisch noch nicht erklärten Experiment, meist handelt es sich um eine Gruppe von Experimenten, über die Als-ob-Theorie zur Theorie.

Drittens arbeitet man mit Analogien (Homologien) und Verfahrensweisen, die sich bereits bewährt haben, und entwickelt Modelle für unbekannte Objekte, Funktionen und Beziehungen. Denken wir etwa an die verschiedenen Kernmodelle in der Atomphysik. Genutzt werden objektiv existierende Analogien (Homologien). Deren Existenz ermöglicht einen Erkenntnisweg, der unter Ausnutzung bisheriger experimenteller und theoretischer Erkenntnisse zu neuen Einsichten in den zu untersuchenden Prozeß führt, indem das Modell im Sinne des Als-ob-Objektes und der Als-ob-Theorie untersucht wird. Auf diesem Wege kann man zu einer neuen Theorie gelangen. Analogien sind begrenzt. Ihre objektiven Grenzen sind durch die Systemgesetze der analogen Objekte bestimmt. Aber das darf kein Hinderungsgrund sein, Analogien zur Erkenntnis zu nutzen.

Wichtig ist die Feststellung, daß das Modell dort, wo es das Objekt ersetzt, zu theoretischen Schlußfolgerungen führen kann, die für das Objekt nicht unbedingt zutreffen. Denken wir etwa an die Modelle eines geschlossenen Weltalls, die nicht der Erkenntnis von der Unendlichkeit der Materie widersprechen, wenn man den Unterschied zwischen Modell und Objekt beachtet und die Schwierigkeiten mit ideellen Repräsentanten berücksichtigt. Die philosophische Einsicht in die Unendlichkeit der Materie ist, wie bereits hervorgehoben,²⁴ keine Aussage über eine bestimmte objektiv-reale Raum-Zeit-Struktur. Aber die Hervorhebung des Unterschieds zwischen Objekt und Modell darf nicht zur Leugnung der im Modell erfaßten wesentlichen Beziehungen führen. Dabei handelt es sich um objektive wesentliche Beziehungen und nicht um subjektive, willkürlich ausgewählte. Das Modell erweist sich in seinen verschiedenen Aspekten, die in ihrer inneren Einheit zu sehen sind und nicht unbedingt in reiner Form auftreten, als eine wesentliche Entwicklungsform der Wissenschaft. [328]

1.3. Modell und Widerspiegelung

Die Erkenntnis ist ein einheitlicher Prozeß des Abbildens von Erfahrungen durch Verallgemeinerung und des Entwerfens neuer Strukturen und Funktionen durch schöpferische Tätigkeit. „Das Bewußtsein

²⁴ Siehe dazu III. 4.

des Menschen widerspiegelt nicht nur die objektive Welt“, betont Lenin, „sondern schafft sie auch.“²⁵ Ohne die produktiv-schöpferische Funktion des Bewußtseins zu erkennen, kann die Bedeutung der Modellierung nicht erfaßt werden. Der Mensch nutzt die Widerspiegelung objektiver Gesetze und Beziehungen, um ideelle Programme seiner Tätigkeit zu entwerfen, in denen seine Ziele bei der praktischen und theoretischen Aneignung der Wirklichkeit enthalten sind. Denkmöglichkeiten werden mit Hilfe von Modellen auf ihre Realisierbarkeit überprüft, mit Modellen wird der Zusammenhang zwischen verschiedenen Theorien hergestellt, Erkenntnisse werden neu synthetisiert, um neue Stoffe, Verfahren zu erkennen und neue Systemstrukturen zu gestalten. Als *schöpferisch* soll das bezeichnet werden, was bei der praktischen und theoretischen Aneignung der gesellschaftlichen und natürlichen Realität Prozesse und Objekte auf neue Art und Weise unter bestimmten Bedingungen und konkreten raum-zeitlichen Beziehungen beherrschen läßt. Ziel der Erkenntnis ist die bessere Beherrschung unserer natürlichen und gesellschaftlichen Umwelt, unseres Verhaltens und unserer gegenständlichen und geistigen Tätigkeit. Aus diesem grundlegenden Gesichtspunkt ergibt sich, daß die Rolle der Modelle kaum überschätzt werden kann und die Bedeutung der Modellierung für die wissenschaftliche Erkenntnis weiter wächst. Die Kombination bisherigen Wissens zu einer schöpferischen Idee, die Verbindung bildlich-anschaulicher Vorstellungen und begrifflicher Erkenntnis, die Realisierbarkeit von Ideen und ideelle Programme gegenständlicher Tätigkeit sind mit der Modellierung eng verbunden.

Der wissenschaftliche Erkenntnisprozeß verläuft in verschiedenen Richtungen, und in Abhängigkeit davon ändern sich die Funktionen der Modelle. Greifen wir dazu nochmals einige wesentliche Aspekte heraus. Man kann erstens das Modell als Objektersatz nutzen, um im Experiment mit diesem Als-ob-Objekt zu neuen Erkenntnissen über das Objekt zu kommen. Hierbei handelt es sich um materielle Objekte und materielle Modelle, wobei die theoretische Konstruktion einer Modellvorstellung, in der die Analogie oder Homologie zwischen Modell und Objekt enthalten ist, Voraussetzung für das Aufsuchen von existierenden und als Modell nutzbaren Objekten oder für die Konstruktion künstlicher Modelle ist. Die Modellvorstellung ist dann die Widerspiegelung der Beziehungen zwischen Modell und Objekt. Wird mit dem Modell experimentiert, so erhalten wir neue Erkenntnisse, die bis zu einer Theorie über das Modell führen können, [329] mindestens aber Widerspiegelungen der Modellstrukturen und -funktionen sind. Verbunden mit der Modellvorstellung können die theoretischen Erkenntnisse über das Modell nun Bestandteil der Theorie über das Objekt werden, wobei die Überprüfung der Modellerkenntnisse in ihrer Bedeutung für das Objekt ebenfalls noch erfolgen muß. So können die in Tierversuchen gewonnenen Erkenntnisse mit Medikamenten auf Grund der Analogien zwischen Mensch- und Tierverhalten, zwischen bestimmten Organreaktionen usw., die in der Modellvorstellung widergespiegelt sind, zur Behandlung von Krankheiten beim Menschen genutzt werden, wobei die Übertragung der Erkenntnisse den Charakter praktisch noch zu überprüfender theoretischer Vorstellungen hat. Der Erkenntnisprozeß verläuft also in diesem Fall von der Modellvorstellung über die Experimente am Modell zu theoretischen Erkenntnissen über das Modell, die auf Grund der in der Modellvorstellung widergespiegelten Beziehungen zwischen Objekt und Modell als Widerspiegelung von Objektbeziehungen aufgefaßt werden, die jedoch noch zu überprüfen sind.

Zweitens handelt es sich um experimentelle Überprüfung schöpferisch konstruierter Theorien mit hohem Allgemeinheitsgrad. Hier kann nach einem theoretischen Modell der allgemeinen Theorie gesucht werden, in dem die erkannten gesetzmäßigen Beziehungen unter bestimmten Randbedingungen spezifiziert sind, was eine experimentelle Überprüfung ermöglicht. Damit würden die Theorie und das theoretische Modell als Widerspiegelung von objektiv-realen Beziehungen bestätigt. Der gesellschaftliche Erkenntnisprozeß ist erst dann abgeschlossen, wenn es gelingt, natürliche und gesellschaftliche Systeme praktisch und theoretisch besser zu beherrschen. Der individuelle oder kollektive Beitrag dazu umfaßt wegen der notwendigen Arbeitsteilung nicht alle Stufen. Er kann z. B. darin bestehen, das theoretische Modell einer allgemeinen Theorie zu konstruieren, während andere Gruppen es überprüfen.

Drittens geht es um die Überführung experimentell überprüfter wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Praxis. Dabei spielen viele Faktoren eine Rolle. So sind für volkswirtschaftlich und gesellschaftlich

²⁵ W. I. Lenin, Philosophische Hefte, in: Werke, Bd. 38, a. a. O., S. 203.

bedeutsame komplexe Lösungen nicht nur naturwissenschaftliche Erkenntnisse und technische Konstruktionen zu überdenken, sondern auch soziale, kulturelle und ideologische Faktoren zu berücksichtigen. Sowohl für die technische Realisierbarkeit als auch für das Zusammenwirken natürlicher und gesellschaftlicher Faktoren spielen Modelle unterschiedlichster Art eine Rolle, seien es Pilotstationen oder Planspiele mit verschiedenen Varianten, anschauliche Modelle für Bauten oder mathematische Modelle. Dabei geht es nicht um die theoretische und praktische Analyse der Modelle im Sinne der Als-ob-Objekte und Als-ob-Theorien, die in der Grundlagenforschung durchzuführen ist, sondern um die theoretische und praktische Synthese von Erkenntnissen zur komplexen Lösung praktischer Probleme. Auch hierbei werden mit Modellen neue Erkenntnisse gewonnen.

[330] Viertens soll auf das Verhältnis von Empirie und Theorie hingewiesen werden. Unter Empirie wollen wir die in der gesellschaftlichen Tätigkeit, das heißt in der tätigen Auseinandersetzung des Menschen mit seiner natürlichen und gesellschaftlichen Umwelt erworbenen Fähigkeiten und Fertigkeiten verstehen, die zu intuitiven Einsichten in gesetzmäßige Zusammenhänge führen können. Die Empirie liefert Material zur theoretischen Analyse, wodurch die an den einzelnen gebundene und somit nicht verallgemeinerte empirische Erkenntnis auf die Ebene der systematischen Gesetzeserkenntnis gehoben wird. Sie dient aber auch der Nutzung theoretischer Erkenntnisse bei der praktischen Aneignung und Beherrschung der Wirklichkeit. Modelle im Sinne der synthetisierten Als-ob-Objekte und der Als-ob-Theorien spielen hier eine große Rolle.

Mit den genannten verschiedenen Funktionen des Modells im Erkenntnisprozeß sind gleichzeitig unterschiedliche Beziehungen des Modells zur Widerspiegelung angesprochen. Wenn auch das Modell als Einheit von Abbild und Entwurf bezeichnet wird, so ist diese Charakteristik weiter zu präzisieren.

Das Modell im Sinne des Als-ob-Objektes. hat nicht den Charakter eines Abbilds, wohl aber die vorausgegangene Modellvorstellung, nach der das Modell ausgesucht oder konstruiert wurde. Sie widerspiegelt die Beziehungen zwischen Modell und Objekt. Durch die Analyse des Modells werden theoretische Vorstellungen über die Modellbeziehungen gewonnen, die im Rahmen der Analogie auch für das Objekt Widerspiegelungscharakter haben, jedoch ersetzen theoretische Erkenntnisse über das Modell nicht die Theorie über das Objekt. Die Modelle im Sinne der Als-ob-Theorien, die schon Synthesen von experimentell und theoretisch analysierten Wesensmomenten sind, haben Widerspiegelungscharakter.

Ausgehend von der materialistischen Beantwortung der Grundfrage der Philosophie nach dem Verhältnis von Materie und Bewußtsein, sind die in Begriffen, Aussagen, Modellvorstellungen und Theorien formulierten Erkenntnisresultate Widerspiegelungen der objektiven Realität, deren Adäquatheit stets aufs neue zu überprüfen ist. Der Erkenntnisprozeß ist eine Einheit von objektiver Analyse (Experiment) und praktischer Synthese (Modell), von theoretischer Analyse (Modell) und subjektiver, das heißt durch den Menschen vorgenommener Synthese (Theorie).