

H. Hörz: Die Beziehungen zwischen Experiment, Modell und Theorie im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozeß

Erkenntnis ist die Voraussetzung für die immer bessere Beherrschung der natürlichen und gesellschaftlichen Umwelt durch die Menschen. Fundamentale Erkenntnisse der Naturwissenschaften sind wesentliche Grundlagen für den wissenschaftlich-technischen Fortschritt. Es besteht deshalb gesellschaftliches Interesse am Erkenntnisfortschritt. Erkenntnistheoretische Untersuchungen haben nicht nur wissenschaftliche Bedeutung durch die Analyse der Dialektik des Erkenntnisprozesses und die Aufdeckung von Beziehungen und Gesetzen der Erkenntnis, sondern ermöglichen Hinweise für Forschungsplanung und -organisation, zeigen Zusammenhänge zwischen Effektivität und Humanität, lassen Bedingungen des Schöpfertums besser verstehen und machen Konsequenzen für die Ausbildung deutlich. Die marxistisch-leninistische Philosophie muß die dabei auftretenden weltanschaulichen, erkenntnistheoretischen und methodologischen Probleme lösen.

1. Problemstellung

Seitdem der Mensch philosophiert, denkt er über die Möglichkeiten und Grenzen der Erkenntnis nach. Philosophische Überlegungen mündeten oft im Empirismus, der die Rolle des schöpferischen Denkens, des „Spiels“ mit Begriffen vernachlässigte, oder im Rationalismus, der die Praxis als Grundlage, Ausgangspunkt und Ziel der Erkenntnis sowie als Kriterium der Wahrheit nicht beachtete. Durch die Entwicklung der Naturwissenschaften schien es manchen Empiristen so, als ob die naturwissenschaftliche Forschungsarbeit nur der pragmatischen Rechtfertigung, aber nicht der philosophischen Begründung bedürfe. F. Engels zeigte jedoch, daß „die allerplatteste, alle Theorie verachtende, gegen alles Denken mißtrauische Empirie“ der sicherste Weg der Naturwissenschaft zum Mystizismus ist.¹ Die okkultistische Erklärung parapsychologischer Phänomene ist auch heute noch ein Beleg dafür. Für A. Einstein ist Erkenntnistheorie ohne Naturwissenschaft zwar ein leeres Schema, aber Naturwissenschaft ohne Erkenntnistheorie, wenn überhaupt möglich, primitiv und verworren.² Die Dialektik der Erkenntnis ist philosophisch zu erfassen. Dabei geht es sowohl um eine materialistische Erklärung der Bewußtseinsvorgänge als auch um die komplizierten Beziehungen bei der theoretischen und praktischen Aneignung der Wirklichkeit durch den Menschen.

[10:] Kants Versuch, Empirismus und Rationalismus zu überwinden, schlug fehl. Die Vulgärmaterialisten stellten die Bewußtseinsprozesse sehr vereinfacht dar. Über die Determinanten der Bewußtseinsinhalte rätselten französische Aufklärer und englische Sensualisten. Hegel befaßte sich mit der Begriffsentwicklung aus idealistischer Sicht. 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 sind, daß es das gesellschaftliche Sein der Menschen ist, das ihre Bewußtseinsinhalte bestimmt. Noch du Bois-Reymond hielt 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, das Denken nur aus sich heraus zu erklären, ab und folgte der materialistischen Tradition von La Mettrie. Eben in dieser Richtung wurden durch die Physiologen des 19. und 20. Jahrhunderts entscheidende Fortschritte erzielt. Wir begreifen immer besser das Bewußtsein als Entwicklungsprodukt der Materie sowie als spezifisch menschliche Form der Widerspiegelung der objektiven Realität.

¹ F. Engels, Dialektik der Natur, in: K. Marx/F. Engels, Werke, Bd. 20, Berlin 1973, S. 345.

² Vgl.: Albert Einstein als Philosoph und Naturforscher, Stuttgart 1951.

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

Theoretische Überlegungen zum Theorienbildungsprozeß 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. Wissenschaftliche Erkenntnis befaßt sich mit den Gesetzen der Erkenntnis selbst. Sie kann das deshalb, weil die materiellen Grundlagen der Bewußtseinsprozesse erforscht werden können, die als materielle Prozesse durch ihre Strukturen codierte Informationen über die objektive Realität liefern, wobei der Prozeß der Informationsvermittlung über genetische Strukturen, materielle Wirkungen auf den wahrnehmungsfähigen Organismus und über das Verständnis bedeutungstragender Zeichen erfolgt.

Darüber hinaus sind vom Marxismus-Leninismus die Rolle von Ideen untersucht und ihre Determinanten aufgedeckt worden. Wenn wir uns philosophisch mit den theoretischen Überlegungen zum Theorienbildungsprozeß befassen, wie sie von der Kybernetik, der Mathematik, der Physiologie und Psychologie usw. vorgelegt werden, dann ist die philosophische Analyse des eigentlichen Theorienbildungsprozesses 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 Fragestellung 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. 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 auf der Ebene der Erkenntnis durch die Analyse einzelwissenschaftlicher Erkenntnisse, der Wissen-[11:]schaftsgeschichte 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 Widerspiegelungsauffassung, in der Beachtung des historischen Charakters der Erkenntnis und in der Dialektik des Erkenntnisprozesses. Es gibt keinen linearen Erkenntnisweg, wie ihn Empirismus und Rationalismus annahmen, der entweder vom Experiment zur Theorie oder von der Theorie zum Experiment 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 liegt das eigentlich schöpferische Prinzip in der Mathematik. Für ihn ist die Natur die Realisierung des mathematisch denkbar Einfachsten. Mathematische Begriffe werden durch Erfahrung nahegelegt, aber nicht aus ihr abgeleitet, obwohl die Erfahrung das einzige Kriterium dafür ist, ob eine mathematische Theorie brauchbar ist oder nicht.⁴ Für Heisenberg dagegen werden Bilder aus der Erfahrung erschlossen oder erraten und nicht aus theoretischen Berechnungen gewonnen. Diese Haltung, die auch ihren methodologischen Ausdruck in dem von ihm begründeten 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.⁵

Dieser Hinweis auf erkenntnistheoretische Diskussionen soll nur plausibel machen, daß die Wege des Erkennens in ihrer inneren Kompliziertheit zu untersuchen sind. Die philosophische

⁴ Einstein, Mein Weltbild, Berlin (West) 1966, S. 116 f.

⁵ W. Heisenberg, Der Teil und das Ganze, München 1969, S. 63; H. Hörz, Werner Heisenberg und die Philosophie, Berlin 1968.

Fragestellung weist jedoch über die erkenntnistheoretische Problemstellung hinaus. Sie enthält weltanschauliche Probleme, die den Zusammenhang der Erkenntnis mit dem Humanismus betreffen und auch die Effektivität von Erkenntnissen in die Betrachtung einbeziehen. Es geht um die Verantwortung des Wissenschaftlers in zweifacher Hinsicht. Einerseits muß die Beziehung zwischen Aufwand und Nutzen berücksichtigt werden, um zu einer effektiven Forschung zu kommen. Das ist für die Grundlagenforschung besonders schwierig, da der Nutzen sich selten kurzfristig einstellt. Andererseits können Experimente, soweit sie direkt oder indirekt den Menschen betreffen, nicht allein mit ökonomischen Effektivitätskriterien verbunden werden. Experimente mit und am Menschen erfordern die Einhaltung humanistischer Forderungen.

2. Ergebnisse und Aufgaben

In den Arbeiten sowjetischer Philosophen sind Ergebnisse dargelegt und Aufgaben bei der weiteren Erforschung der Erkenntnisdialektik bestimmt worden.⁶ Ausgehend von diesen und den eigenen Arbeitsergebnissen und Standpunkten konnten in den Diskussionen mit Naturwissenschaftlern einige Auffassungen weiter präzisiert werden:

[12:] 1. 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 wird zwischen dem Experiment, der experimentellen Methode und der experimentellen Tätigkeit unterschieden. Die experimentelle Methode umfaßt die theoretische und praktische Vorbereitung des Experiments, die aus der Hypothesenbildung und dem Aufbau der Experimentiereinrichtung besteht, die Durchführung des Experiments sowie die Feststellung und Auswertung der entsprechenden Daten. Die experimentelle Tätigkeit ist die Nutzung der experimentellen Methode zur Vorbereitung, Durchführung und protokollarischen Auswertung des konkreten Experiments. In der Ausbildung an unseren Schulen hat die experimentelle Tätigkeit große Bedeutung für die Persönlichkeitsentwicklung der Schüler. Sie kann also nicht, wie das manchmal geschieht, durch theoretische Erläuterung der experimentellen Methode ersetzt werden.

2. Theorien sind Erklärungen objektiv-realer Prozesse durch die in sich konsistente Darstellung der erkannten wesentlichen Beziehungen und Gesetze in einem Gesetzessystem mit den entsprechenden Existenzbedingungen. Jede konkrete Theorie ist eine Einheit von Abbild und Entwurf, von Darstellung erkannter Beziehungen und schöpferischer Gestaltung von Strukturen ideeller Objekte, deren Bedeutung erst zu überprüfen ist. So enthält jede Theorie hypothetische Elemente, die heuristischen Wert besitzen und in der Praxis überprüft werden müssen.

Der Prototyp der theoretisch-schöpferischen Methode ist die mathematische Methode. Die Mathematik ist die Wissenschaft von den möglichen formalisierbaren Beziehungen in Systemen mit ideellen Objekten. Sie dient der Darstellung bekannter Beziehungen, ihre Folgerungen können zu nichtinterpretierten Ausdrücken oder zu Widersprüchen in der Theorie führen, deren Interpretation und Beseitigung Erkenntnisfortschritte mit sich bringt. Wenn wir das berücksichtigen, können wir nicht, wie es manchmal geschieht, die experimentelle der theoretischen Methode entgegenstellen.

Dialektische Gegensätze in der Erkenntnis sind einmal Empirie und Theorie, zum anderen experimentelle und mathematische Methode. Bei Empirie und Theorie handelt es sich darum, daß zwei verschiedene Erkenntnisweisen existieren, die sich gegenseitig ergänzen. Unter Empirie verstehen wir die in der praktischen Tätigkeit erworbenen Fähigkeiten und Fertigkeiten, die zu intuitiven Einsichten in gesetzmäßige Zusammenhänge führen und damit Material für die theoretische Analyse liefern. Empirie ist damit wesentlich Vorstufe der Theorie und ihre Ergänzung.

⁶ Erinnert sei an die Arbeiten von I. T. Frolov, V. S. Gott, B. M. Kedrov, P. V. Kopnin, M. È. Omel'janovskij, V. A. Štoff, J. V. Sačkov, A. I. Uemov, A. D. Ursul.

Empirie muß durch Theorie bewußt gelenkt und verallgemeinert werden, wenn sie allgemeinen Nutzen bringen soll. Wissenschaftliche Methoden sind Verfahren zum bewußten Einsatz aller Möglichkeiten praktisch-gegenständlicher und theoretischer Tätigkeit des Menschen, um ein gestelltes Forschungsziel zu erreichen. Dabei sind die beiden gegensätzlichen Pole die bewußte praktische, auf die objektive Analyse (und Synthese) der Objekte und Prozesse gerichtete Tätigkeit, eben die Nutzung der experimentellen Methode und die schöpferische, Abbilden und Entwerfen vereinigende Denktätigkeit, wie sie vor allem in der mathematischen Methode zum Ausdruck kommt.

3. 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 [13:] und ideellen Systemen. Damit wird die Bedeutung der Modellmethode in allen Wissenschaften hervorgehoben. Die Modellmethode ist die Nutzung, Reproduktion oder Produktion eines dem Erkenntnisobjekt, seiner Struktur, Veränderung und Entwicklung analogen (homologen) materiellen oder ideellen Gebildes, mit dem experimentell und theoretisch gearbeitet werden kann, um Erkenntnisse zu gewinnen, mit denen das Objekt in wesentlichen Strukturen, Funktionen, Entwicklungen und Veränderungen erfaßt wird. Während Analogien sich auf die Existenz objektiver gemeinsamer Eigenschaften in unterschiedlichen Objekten und Prozessen gründen, was sich in der Strukturgleichheit von Theorien für verschiedene Bereiche ausdrücken kann, gründet sich die Homologie auf die Existenz von Systemen mit gleicher Grundqualität, die in verschiedenen Formen als andere Qualitäten der gleichen Grundqualität erscheinen können. Die Untersuchung eines dieser Systeme dient der Modellmethode zur Aufdeckung wesentlicher Beziehungen in: allen homologen, d. h. zur gleichen Grundqualität gehörenden Systeme.

4. Um die materialistische Dialektik als Methodologie der Wissenschaften weiterzuentwickeln, ist es wichtig, die dialektischen Beziehungen im System der wissenschaftlichen Methoden genauer zu untersuchen. Die materialistische Dialektik bedarf m. E. keiner weiteren Theorie der Methoden, um über sie mit den Wissenschaften verbunden zu werden. Das würde ihr den Charakter einer Metatheorie der Methodologie geben und ihre Bedeutung als Methodologie herabsetzen. Die materialistische Dialektik hat gegenüber einer solchen möglichen Theorie ebenso wie gegenüber einer Systemtheorie eine doppelte Aufgabe. Sie ist selbst Methodologie und Systemtheorie und philosophische Grundlage einer einzelwissenschaftlichen möglichen Methodologie und Systemtheorie. Insofern ist es wichtig, die Ansätze in den philosophischen Arbeiten zur Ausarbeitung der materialistischen Dialektik als Methodologie selbst weiterzuentwickeln. Als Hypothese für die Untersuchung des Methodengefüges ergibt sich dabei, daß alle Methoden sich als Beziehungen oder Grenzfälle der mathematischen, experimentellen und historischen Methode erweisen. Diese drei Methoden bilden die Eckpunkte des wissenschaftlichen Methodensystems. Sie vereinigen die objektive und die subjektive Analyse und Synthese der zu untersuchenden Objekte und Prozesse mit der Aufdeckung ihrer Veränderung und Entwicklung in der Zeit.

Strukturen sind geronnene Veränderungen und Entwicklungen. Wenn die Geschichte von Objekten und Prozessen keinen wesentlichen Einfluß auf deren gegenwärtige Struktur hat, wie das bei bestimmten physikalischen und chemischen Prozessen der Fall ist, kann von ihr abstrahiert werden. B. Philipp verweist jedoch darauf, daß für das Verhalten des Polymerfestkörpers ein starker Einfluß der Vorgeschichte auf die makroskopischen Eigenschaften wie Festigkeit, Elastizitätsverhalten oder Schmelzverhalten festzustellen ist. Auch die Durchlässigkeit von Trennmembranen aus organischen Polymeren ist von der Vorbehandlung und damit von der Vorgeschichte des Materials abhängig.⁷

⁷ B. Philipp, Diskussionsbeitrag, in: K. Fuchs, Zur Bedeutung der theoretischen Physik für die Naturwissenschaften, Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften der DDR, Heft 5 N, 1975, S. 19 f.

Es geht also darum, den Zusammenhang der Methoden genauer zu untersuchen, weil eine wesentliche Seite der materialistischen Dialektik als Methodologie gerade in ihrer Methodenkritik besteht. Dazu bedarf es aber der Kenntnis der dialektischen Beziehungen im Methodengefüge. Die philosophische Analyse der dialektischen Beziehungen zwischen Experiment, Modell und Theorie muß dabei vor allem den konkreten Forschungsprozeß unter bestimmten gesellschaftlichen Voraussetzungen in die Betrachtung einbeziehen. Die Auflösung „starker“ Methodologien mit ihren übertriebenen Anforderungen an Protokollsätze, an das Verifikationsprinzip usw. im logischen Empirismus, die Einbeziehung des Entwicklungsgedankens durch Popper, die Überlegungen Kuhns zu den psychologischen Determinanten des Forschungsprozesses zeigen die Schwierigkeiten, denen undialektisch vereinfachte Modelle des wirklichen Forschungsprozesses begegnen. Es wäre einseitig, nur die Rolle der Theorie oder nur die Bedeutung des Experiments zu betonen. Eine der wichtigsten Aufgaben besteht darin, die dialektische Einheit von experimenteller und theoretischer Tätigkeit im Forschungsprozeß zu zeigen und vorgefaßte schematische Auffassungen über einen eindeutigen und linearen Erkenntnisweg von der Theorie zum Experiment oder vom Experiment zur Theorie zu kritisieren.

3. Zur Einheit von theoretischer und experimenteller Tätigkeit

Die Einheit von theoretischer und experimenteller Tätigkeit realisiert sich im gesellschaftlichen Erkenntnisprozeß, in dem die Integration spezialisierter Tätigkeiten erfolgt. Aber das reicht nicht aus. Experimentelle Tätigkeit schließt stets theoretische mit ein, und theoretische Tätigkeit muß die experimentellen Ergebnisse und Beobachtungsergebnisse berücksichtigen. Die Einsicht in die Dialektik der Erkenntnis zwingt uns dazu, sowohl gegen den platten Empirismus zu polemisieren, als auch übertriebenes Spekulieren, dem aus der Verallgemeinerung experimenteller Ergebnisse gewonnene sinnvolle wissenschaftliche Fragestellungen fehlen, zurückzuweisen. Gegen beide Extreme wenden sich die Wissenschaftler. So wird betont, daß nichts für die Praxis besser sei als eine gute Theorie. Es kann jedoch auch festgestellt werden, daß eine schlechte Theorie vergeht, ein gelungenes Experiment aber bleibt. Auf ihm bauen immer wieder neue Interpretationsversuche auf. Denken wir etwa an die entscheidende Rolle des Michelson-Experiments für die Äther-Diskussion, an den lichtelektrischen Effekt, an die Compton-Streuung und die Beugung von Elektronenstrahlen an Kristallen für die Entwicklung der Quantentheorie. Eine gute Theorie ist durch experimentelle Ergebnisse bestätigt und in der Praxis nutzbar. Ob deshalb in einer bestimmten Wissenschaft in einem Lande die Anstrengungen besonders auf experimentellem oder theoretischem Gebiet liegen müssen, kann nicht durch erkenntnistheoretische Überlegungen allein geklärt werden. Dazu bedarf es einer Analyse des Standes der Wissenschaftsentwicklung, der gesellschaftlichen Bedürfnisse und der möglichen einsetzbaren materiellen und geistigen Potenzen. Es gibt jedoch eine Reihe erkenntnistheoretischer Probleme, die bei Beachtung der im gesellschaftlichen Erkenntnisprozeß und im Denken des Experimentators und Theoretikers realisierten Einheit von experimenteller und theoretischer Tätigkeit weiter untersucht werden müssen. Es soll hier nur auf drei verwiesen werden: auf das Problem der Datenerfassung und -auswertung, auf die Rolle von Vereinfachungen und auf das Verhältnis von Mathematisierung und Theorienbildung.

Experimentelle Tätigkeit und Beobachtung liefern eine Vielzahl von Daten. Dabei hilft die elektronische Datenverarbeitung, sie zu speichern. Ihre Auswertung setzt jedoch voraus, daß es sich um wesentliche, d. h. den Charakter des untersuchten Objektes oder Prozesses bestimmende Daten handelt. Um zu bestimmen, was wesentlich [15:] ist, sind theoretische Vorstellungen erforderlich, die hypothetisch mögliche experimentelle und Beobachtungsergebnisse erklären. Solche Hypothesen sind aus den bisherigen Theorien und Experimenten durch schöpferische Leistungen zu gewinnen. Die Sorge mancher Wissenschaftler, durch das Datensuchen den schöpferischen Aspekt der Wissenschaftsentwicklung zu vernachlässigen, ist deshalb zu verstehen. Sicher macht erst eine bestimmte Menge von Daten in der Erscheinung das Wesen deutlich, läßt erst sie Hinweise auf Gesetzmäßigkeiten zu. Aber die theoretische Analyse von

Daten, ihre Erklärung durch eine Theorie ist ein wichtiger Schritt der Wissenschaftsentwicklung, der zu weiteren gezielten Experimenten führen kann.

Das gezielte Sammeln wesentlicher Daten setzt theoretische Überlegungen voraus, und Mängel in der Theorie können schnell zu methodologischen Grenzen für die Datenanalyse werden. Auf dieses Problem macht H. Stiller für die Geo- und Kosmoswissenschaften aufmerksam: „Bedingt durch die sich ständig modernisierende, auf Automatisierung und Datenverarbeitung hinzielende Technik an Observatorien und bei Satellitenexperimenten ergibt sich die Notwendigkeit, riesige Datenmengen zu bewältigen. Der Analyse dieser Datenmengen zur Aufdeckung und Formulierung von Prozessen in der Natur kommt eine große Bedeutung zu. Dabei stoßen wir auf Grenzen, die uns die Interpretation der teilweise sehr komplexen Naturvorgänge noch nicht beherrschen lassen. Dazu gehört die Tatsache, daß diese Vorgänge im allgemeinen nicht linear sind. Zudem spielt die Erfassung langzeitiger, Milliarden Jahre dauernder Prozesse eine entscheidende Rolle. Diese Prozesse verlaufen irreversibel, und die gegenwärtig verfügbaren Hilfsmittel der irreversiblen Thermodynamik zeigen für die Anwendungen in Geo- und Kosmoswissenschaften erhebliche methodische Mängel. Außerdem sei bemerkt, daß Beobachtungen von den Planetenoberflächen her beim Rückschluß beispielsweise auf Prozesse und Ursachen im Inneren der Planeten die Lösung sehr komplizierter mathematischer Invers-Probleme erfordern.“⁸ Hier geht es nicht nur um das Verhältnis von Datenanalyse und Theorienbildung, sondern auch um die Orientierung der Theorienbildungsprozesse. Aus äußeren Prozessen wird auf innere geschlossen, die Irreversibilität ist zu berücksichtigen. Gegenwärtige Strukturen sollen Hinweise auf Entwicklungsprozesse geben. Für die Erkenntnis wird damit die Einsicht in die objektive Dialektik aktuell. Das Verhältnis von Struktur, Veränderung und Entwicklung muß ebenso untersucht werden wie die dialektische Einheit von Erhaltung und Nichterhaltung, von Symmetrie und Asymmetrie, von Reversibilität und Irreversibilität.⁹ Es ist interessant, daß die Physik mit der Untersuchung der Strukturbildung bei irreversiblen Prozessen physikalische Rahmentheorien für biologische Evolution schafft, die das alte Problem der Beziehungen zwischen Strukturbildung und Entropieerhaltung unter den neuen Aspekten diskutieren.¹⁰ Insofern bezieht sich die Einheit von experimenteller und theoretischer Tätigkeit auch auf den historischen Prozeß, in dem Objekte und Prozesse entstehen und vergehen, Evolutionsmechanismen sich verändern und die gegenwärtig existierenden Strukturen Spuren des vergangenen konservieren.

Auf die Rolle von Vereinfachungen im wissenschaftlichen Erkenntnisprozeß verweist W. Schirmer hinsichtlich des Verhältnisses von Physik und Chemie. Mit Hilfe der Quantenmechanik gelingt es, wichtige Reaktionsparameter chemischer Systeme zu [16:] berechnen. Während gegenwärtig Potentialhyperflächen für Systeme mit maximal sieben Atomen und 32 Elektronen berechnet werden können, erwartet er für die Zukunft die erfolgreiche Berechnung komplizierter Systeme. In die Berechnungen gehen vereinfachende Annahmen ein, wobei halbempirische Modellvorstellungen eine Rolle spielen. „Allein die Auswahl der vorzunehmenden Vereinfachungen stellt oft ein wissenschaftliches Problem von hohem Range dar“, betont Schirmer.¹¹

Offensichtlich ist es wichtig, zwischen wissenschaftlich berechtigten Reduktionen oder Vereinfachungen und dem philosophischen Reduktionismus zu unterscheiden. Wesentliche Formen der wissenschaftlichen Reduktion sind die Reduktion des Besonderen auf das Allgemeine, des Systems auf die Elemente und des Höheren auf das Niedere. Die Reduktion des Besonderen auf das Allgemeine ist vor allem mit der Herausbildung allgemeiner Theorien verbunden, die eine Vielzahl von Experimenten erklären und Regeln, Modelle usw. für Teilaspekte des untersuchten

⁸ H. Stiller, Diskussionsbeitrag, in: K. Fuchs, Zur Bedeutung der theoretischen Physik für die Naturwissenschaften. S. 17.

⁹ Vgl.: H.-Hörz, Materiestruktur, Berlin 1971.

¹⁰ Vgl.: W. Ebeling, Strukturbildung bei irreversiblen Prozessen, Leipzig 1976.

¹¹ W. Schirmer, Diskussionsbeitrag, in: K. Fuchs, Zur Bedeutung der theoretischen Physik für die Naturwissenschaften, S. 23.

Bereichs zusammenfassen. Wird diese allgemeine Theorie dann zur alleinigen Erklärung aller besonderen Erscheinungen herangezogen, auch wenn sie nicht zur allgemeinen Theorie gehören, dann erst liegt philosophischer Reduktionismus vor.

Aus der Geschichte der Wissenschaft kennen wir die Bedeutung der Theorie Newtons für die Entwicklung der Physik. Aber sie umfaßte nicht alle physikalischen Erscheinungen und war schon gar nicht der Prototyp jeder wissenschaftlichen Theorie überhaupt, wie es der mechanische Determinismus darstellen wollte. Nicht die Reduktion des Besonderen auf das Allgemeine in der Theorie Newtons unterliegt der philosophischen Kritik, sondern die versuchte Erklärung aller natürlichen Prozesse aus den durch die Gesetze der klassischen Physik bestimmten quantitativen Beziehungen qualitativ identischer kleinster Teilchen. Nicht die klassische Physik scheiterte, sondern die mit ihr verbundene philosophisch-reduktionistische Auffassung. Die Reduktion des Systems auf seine Elemente ist notwendig, um komplizierte und komplexe Systeme über Teilsysteme oder Elemente besser erkennen zu können. Gleiches gilt auch für die Untersuchung höherer Bewegungsformen, deren Erkenntnis durch die Erforschung ihrer Elemente, die niederen Bewegungsformen angehören, gefördert wird, wie die Erforschung biophysikalischer und biochemischer Prozesse zeigt.

Wissenschaftlich berechtigte Reduktionen sind dann als philosophischer Reduktionismus zu kritisieren, wenn sie zur Erklärung der (reduzierten) Gesamtheit von Beziehungen benutzt werden, ohne die Existenz von Systemgesetzen usw. zu berücksichtigen.

Wissenschaftlich berechtigte Reduktionen der Vielzahl von Parametern auf die wesentlichen, die die Systemstruktur bestimmen, des Systems auf die Elemente, des Besonderen auf das Allgemeine, des höher Entwickelten auf das niedriger Entwickelte sind notwendiger Bestandteil des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses. Solange die Reduktion im Rahmen der zu erreichenden Erkenntnisgenauigkeit für die praktische Verwertung liegt, macht sie die Erkenntnisse erst ausnutzbar. Eine Orientierung der Erkenntnis auf eine immer vollständigere Erfassung aller Aspekte und Seiten muß gleichzeitig mit der Forderung verbunden sein, die allgemein notwendigen und wesentlichen Beziehungen dieses Bereichs, eben die Gesetze, aufzudecken und ihre Randbedingungen zu erkennen.

Die quantentheoretische Behandlung eines klassischen Bewegungsproblems führt unter den klassischen Randbedingungen zu keinen neuen Ergebnissen. Vereinfachungen [17:] sind damit keineswegs minderwertige Erkenntnisse. Sie sind wesentliche Erkenntnismittel beim Übergang von den theoretisch erfaßten idealen Systemen mit wenigen wesentlichen Parametern zu den komplizierten realen Systemen im Interesse der theoretischen und praktischen Beherrschbarkeit dieser Systeme. „Die von der theoretischen Physik abgeleiteten grundsätzlichen Erkenntnisse und Gesetzmäßigkeiten“, meint Schirmer, „wurden zunächst stets an idealen Systemen und Modellvorstellungen gefunden (ideales Gas, ideale Flüssigkeit, idealer Festkörper). Diese Modelle haben ihre Leistungsfähigkeit bewiesen. Die Chemie muß sich für die Untersuchung der Stoffwandlungsvorgänge aber stets mit den sehr viel komplexeren realen Systemen auseinandersetzen, in denen die Zahl der einflußnehmenden Parameter beträchtlich größer als bei den idealen Systemen ist. Hier liegt eine prinzipielle Schwierigkeit: Während das reale Gas mit verhältnismäßig wenig Veränderungen die Ergebnisse der Berechnung von Parametern des idealen Gases übernehmen kann, bereitet die exaktere theoretische Fundierung realer Flüssigkeiten und Festkörper heute noch fast unüberwindliche Schwierigkeiten.“¹²

Wissenschaftlich berechtigte Reduktionen oder Vereinfachungen unterliegen bestimmten Bedingungen, die den Erkenntniszweck berücksichtigen. Man könnte meinen, daß das beste Modell für ein Objekt das Objekt selbst sei. Das trifft aber nicht zu, weil Modelle spezifische Erkenntnismittel sind, die der theoretischen und praktischen Beherrschbarkeit des Objekts dienen

¹² Ebenda, S. 24.

sollen. Deshalb sind optimale Modelle entsprechend dieser Zielstellung zu suchen. Zu weit gehende Vereinfachungen können die Beherrschbarkeit gefährden und der Verzicht auf Vereinfachung die Erkenntnis komplizieren. Letzteres wäre mit der Forderung gleichzusetzen, die Objekte und Prozesse in allen ihren Aspekten zu beschreiben, was wegen der Unerschöpflichkeit der Beziehungen unmöglich ist. Wissenschaftlich berechnete Reduktionen sind deshalb wesentlicher Bestandteil der praktischen und theoretischen Analyse. Wissenschaftlich unhaltbar und weltanschaulich gefährlich ist nur der philosophische Reduktionismus, der die analysierten Wesensmomente nicht synthetisiert, sondern sie zum Wesen des ganzheitlichen Objekts erklärt.

K. Fuchs entwickelte die These: „Die Theorie eines Wissenschaftszweiges ist die Gesamtheit der Erkenntnis über die gesetzmäßigen Zusammenhänge auf dem betreffenden Gebiet. Sie ist das gemeinsame Ergebnis der experimentellen und theoretischen Tätigkeit. Die Theorie der Physik ist der wesentliche Inhalt der Physik.“¹³ Das führt zu der Frage nach dem Verhältnis von Mathematisierung und Theorienentwicklung. Wir wissen, daß die Mathematisierung ein wesentlicher Aspekt gegenwärtiger Wissenschaftsentwicklung ist.¹⁴ Aber die Theorie ist nicht nur dann von Nutzen, wenn sie mathematisiert ist. J. Auth untersucht die Rolle der Theorie bei der Lösung technischer Probleme und betont die Mathematisierung als eine sehr wichtige Seite der physikalisch-theoretischen Durchdringung eines Problems. Sie kann von praktischer Bedeutung sein, wie er am Beispiel des Entwurfs einer elektronischen Schaltung zeigt, bei der die Dimensionierung eines einfachen Schwingkreises die elementare Anwendung der Maxwell'schen Elektrodynamik ist. Mit R. Rompe betont er, „daß die mathematische Beschreibung überall dort zu praktisch verwertbaren Ergebnissen führt, wo die Grund-[18:]gleichungen der Physik und Elementarkonstanten im wesentlichen zur Beschreibung ausreichen und nicht Materialkonstanten im Vordergrund stehen“¹⁵. Er belegt seine Auffassung, daß die Theorie nicht erst dann eine Rolle spielt, „wenn es gelingt, mit Hilfe mehr oder weniger komplizierter mathematischer Methoden und mehr oder weniger aufwendiger Elektronenrechner Eigenschaften und Verhaltensweisen mit der erforderlichen Genauigkeit vorauszuberechnen. Letzteres wird in vielen Fällen auch nicht annähernd möglich sein.“¹⁶

Die Theorienbildungsprozesse sind nicht mit der Mathematisierung zu identifizieren. Die Theorie durchläuft verschiedene Entwicklungsstadien, von der qualitativen erläuternden Erklärung von Prozessen über ihre quantitative Messung bis zu ihrer Formalisierung. Entscheidend für den Nutzen einer Theorie ist die in ihr enthaltene Gesetzeserkenntnis, zu der auch die Existenzbedingungen des Gesetzes gehören. Solche Gesetze können als qualitative Regeln erfaßt sein oder schon in mathematischen Gleichungen dargestellt werden. Es wäre sicher verkehrt, die nicht formalisierte qualitative Analyse in der Wissenschaftsentwicklung zu unterschätzen. Jedoch darf die Mathematik dabei nicht auf die Darstellungsfunktion eingeschränkt werden. Überhaupt können wir im weiteren Sinne vom mathematischen Denken sprechen, wenn wir die Analyse von denkmöglichen Strukturen in Systemen mit ideellen Objekten meinen und damit das schöpferische Denken überhaupt ansprechen. Für die Mathematik als Wissenschaft ist die Formalisierbarkeit der denkmöglichen Strukturen erforderlich. Die heuristische Funktion der Mathematik erfüllt sich damit in doppeltem Sinne, sowohl durch die Anregungen für das mathematische Denken im weiteren Sinne als auch durch die mathematische Darstellung theoretischer Vorstellungen, was zu nicht interpretierten Ausdrücken führen kann, wie die Elektronentheorie von Dirac mit ihrer theoretischen Vorhersage des Positrons zeigte, oder Widersprüche in der Theorie aufdeckt, deren Bedeutung zu klären ist. Es geht also bei der Mathematisierung

¹³ K. Fuchs, Zur Bedeutung der theoretischen Physik für die Naturwissenschaften, S. 1.

¹⁴ Vgl.: H. Hörz, Marxistische Philosophie und Naturwissenschaften, Berlin 1974, S. 242 ff.

¹⁵ J. Auth, Diskussionsbeitrag, in: K. Fuchs, Zur Bedeutung der theoretischen Physik für die Naturwissenschaften. S. 29 f.

¹⁶ Ebenda, S. 30.

nicht nur um die Beherrschbarkeit großer Datenmengen und quantitativer Beziehungen, nicht nur um ihre Darstellungsfunktion, sondern auch um die heuristische Funktion für die Theoriebildung und für die theoretisch gelenkte experimentelle Tätigkeit.

Ein wichtiger Diskussionspunkt in der Auseinandersetzung mit dem Empirismus sind Testverfahren, wie sie vor allem in der Psychologie Verwendung finden. Wird der Test als experimentelle Überprüfung des Individuums auf Existenz oder Fehlen bereits erkannter gesellschaftlich relevanter Verhaltensweisen angesehen, dann ist er in die hier betrachteten Beziehungen zwischen Experiment und Theorie einzuordnen. Der Test erfolgt als Experiment in Modellfällen, die sicher wesentliche Bedingungen repräsentieren, aber nicht mit der Wirklichkeit identisch sind. Insofern ist die Eignung der Person für den Test ebenso zu beachten wie die Eignung der Modellfälle zur Simulation wirklicher Prozesse. Einseitigkeiten bestimmter Tests müssen durch ein System von Tests ausgeglichen werden. Vor allem erfolgt der Test unter bestimmten theoretischen Voraussetzungen, die in die Auswertung wiederum eingehen. Zu ihnen gehören die bisherigen Einsichten in die Theorie der Persönlichkeit und die Gesetzmäßigkeiten gesellschaftlichen Verhaltens, aus denen die gesellschaftlich relevanten Verhaltensweisen abgeleitet werden. Wie bei jeder Methode, so ist auch bei den Tests die Methodenkritik [19:] wesentlich, wenn mit ihrer Durchführung und ihrem Ergebnis Entscheidungen über Menschen verbunden sind.

Das führt zu einem weiteren Problemkreis, der die Zusammenarbeit von Philosophen mit Natur- und Gesellschaftswissenschaftlern verlangt. Es ist die Frage zu stellen, ob naturwissenschaftlich bewährte Methoden wie die experimentelle auch Bedeutung für die Gesellschaftswissenschaften haben. Die Antwort verlangt die Beziehung zwischen Experiment, Modell und Theorie in der gesellschaftswissenschaftlichen Forschung zu untersuchen. Eine entscheidende Rolle im philosophischen und gesellschaftswissenschaftlichen Denken spielt sicher das Gedankenexperiment und die Untersuchung von Modellfällen, die theoretisch verallgemeinert den Erfahrungsaustausch bei der Gestaltung gesellschaftlicher Beziehungen bereichern. Für Experimente in gesellschaftlichen Teilbereichen sind die Phasen der experimentellen Vorbereitung, d. h. die Ausarbeitung der experimentell zu überprüfenden Frage und die gedankliche Vorbereitung des Experiments durch die Bestimmung der konstanten und variablen Faktoren, zu berücksichtigen. Darüber hinaus spielen im gesellschaftlichen Bereich zwei weitere Faktoren eine Rolle: der Komplex der variablen Faktoren und die Dauer des Experiments. So können im gesellschaftlichen Bereich, da es um Menschen, um den Aufwand an lebendiger Arbeit und um die Persönlichkeitsentwicklung geht, nicht beliebig viele Parameter konstant gehalten werden. Um trotzdem zu analysierten Wesensmomenten mit Hilfe des Experiments zu kommen, ist großer theoretischer Aufwand zur Bestimmung der gesetzmäßigen Beziehungen zwischen den variablen Parametern erforderlich. Das hat wiederum Auswirkungen auf die Dauer solcher Experimente, die notwendig ist, um echte experimentelle Ergebnisse als Grundlage theoretischer Überlegungen und praktischer Veränderungen zu erhalten.

4. 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. 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 unterschätzt werden kann und die Bedeutung der Modellierung für die wissenschaftliche Erkenntnis weiter wächst. Die Kombination bisherigen Wissens zu einer [20:] 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.

Es ist sicher vereinfacht, wenn man wie V. S. Štoff die Modelle auf die Widerspiegelung oder Reproduktion der Forschungsobjekte reduziert.¹⁷ Der wissenschaftliche Erkenntnisprozeß verläuft in verschiedener Richtung, und in Abhängigkeit davon ändern sich die Funktionen der Modelle. Greifen wir dazu 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 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, 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, welche jedoch noch zu überprüfen sind.

Zweitens handelt es sich um die 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 würde die Theorie und das theoretische Modell als Widerspiegelung von objektiv-realen Beziehungen bestätigt werden. 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, ein theoretisches 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 bedeutsame komplexe Lösungen nicht nur natur-[21:]wissenschaftliche Erkenntnisse

¹⁷ Vgl.: V. S. Štoff, Modellierung und Philosophie, Berlin 1969.

und technische Konstruktionen zu überdenken, sondern auch soziale, kulturelle und ideologische Faktoren zu berücksichtigen. Sowohl für 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. Mir scheint, daß vor allem die Gesellschaftswissenschaften sich dabei noch mehr der Modellmethode bedienen müßten.

Viertens soll auf das Verhältnis von Empirie und Theorie hingewiesen werden. 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. Für die Neuererbewegung spielt jedoch gerade die Einheit von empirischer und theoretischer Erkenntnis eine Rolle. Empirische Erkenntnis, in Modellvorstellungen und realisierten Modellen verarbeitet, kann wichtige Beiträge zur Intensivierung von Arbeitsprozessen liefern.

Es sollte damit auf die verschiedenen Funktionen des Modells im komplizierten Erkenntnisprozeß hingewiesen werden, was auch zu unterschiedlichen Beziehungen des Modells zur Widerspiegelung führt. Wenn 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, besitzen 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, d. h. durch den Menschen vorgenommener Synthese (Theorie). Das führt uns zu dem Zusammenhang der wissenschaftlichen Methoden, worunter die zur Erforschung und bewußten Gestaltung natürlicher und gesellschaftlicher, materieller und ideeller Systeme, ihrer Strukturen und Funktionen, ihrer Veränderungen und Entwicklungen geeignete Art und Weise praktischen und theoretischen Verhaltens der Menschen verstanden wird. Methoden sind durch einzuhaltende Prinzipien und Regeln für aufeinanderfolgende Operationen am zu erkennenden System bestimmt. Man kann sie mit Hegel auch als Reflexionen über die Selbstbewegung des Inhalts bezeichnen.

Die marxistisch-leninistische Philosophie hat im Zusammenhang mit der philosophischen Analyse der Modellmethode verschiedene Aufgaben zu lösen. Sie setzt sich [22:] mit weltanschaulichen Hemmnissen bei der Anwendung der Modellmethode und mit unwissenschaftlichen und einseitigen Interpretationen auseinander, untersucht die Dialektik des Erkenntnisprozesses und die dialektischen Beziehungen im Methodengefüge. Sie verweist auf die gesellschaftlichen Determinanten wissenschaftlicher Forschungsarbeit und hebt die Bedeutung der Modellierung für eine effektive Forschung und die Rolle humanistischer Forderungen hervor.

Um jedoch nicht nur der ideologischen und weltanschaulichen Funktion gegenüber der wissenschaftlichen Forschung gerecht zu werden, sondern auch die heuristische Funktion zu erfüllen, ist m. E. vor allem in folgenden Richtungen weiterzuarbeiten:

Erstens gilt es, die konzeptionellen Vorstellungen zur Rolle der Modelle im wissenschaftlichen Erkenntnisprozeß, einschließlich verschiedener Fassungen des Modellbegriffs, mit Hilfe konkreter Fallstudien aus der Geschichte der Wissenschaften und dem Forschungsprozeß in bestimmten Wissenschaftsdisziplinen zu überprüfen. So werden bei uns Untersuchungen über die Rolle der Modelle in der Festkörperphysik, in der Molekularbiologie und in der Mathematik durchgeführt und bestimmte Etappen der Wissenschaftsgeschichte als Modellfälle für gesetzmäßige Beziehungen der Wissenschaftsentwicklung im Sinne der genetischen Homologiebeziehungen durchleuchtet. Dabei zeigt es sich, daß in der Modellierung verschiedene Etappen oder Aspekte eine Rolle spielen, die wir als die heuristische, kognitive, pragmatische und erklärende Stufe der Modellierung bezeichnen. Die heuristische Stufe umfaßt die Suche nach dem Modell und die kognitive die Erkenntnis der Modellbeziehungen. In dieser Phase spielen die experimentelle und theoretische Analyse des Modells und die Synthese der dabei gewonnenen Erkenntnisse eine große Rolle. Die pragmatische Stufe ist die Anwendung der Modellerkenntnisse auf das Objektverhalten. Dazu gehören die Einführung von Erkenntnissen in die Produktion ebenso wie Entscheidungen auf der Grundlage von Modellerkenntnissen für gesellschaftliches Handeln. Dieser Schritt muß nicht immer von jeder Forschergruppe selbst gegangen werden, die sich mit Modellen befaßt. Die erklärende Stufe ist dann die Einordnung der Modelle in Theorien und ihre weltanschauliche Deutung.

Zweitens ist die Analogiebeziehung, das Verhältnis von Analogie und Homologie und die Rolle von Homologiemodellen in struktureller und genetischer Hinsicht für die Entwicklung höherer Qualitäten weiter zu untersuchen. Uemov gibt ein Schema, in dem 51 verschiedene Arten von Analogieschlüssen enthalten sind.¹⁸ Selbst bei möglicher Reduktion und Subordination ist die Vielfalt von Analogien als wesentlicher Grundlage der Beziehungen zwischen Modell und Objekt zu berücksichtigen. Bestimmte Spezialfälle der Analogie, wie die Homologie, die Uemov nicht nennt – wie überhaupt bei ihm das Entstehen neuer und die Entwicklung höherer Qualitäten in ihrem genetischen Zusammenhang mit der Ausgangsqualität nicht berücksichtigt werden –, sind exakter zu erforschen. In der Entwicklung der Gesellschaft spielen Analogien zwischen den Verschiedenen Gesellschaftsordnungen eine große Rolle. Die Verhaltensforschung muß analoge Verhaltensweisen zwischen Tierarten und zwischen Tier und Mensch erklären, Was sicher nur über Homologiemodelle geschehen kann, wenn wir nicht dem Biologismus oder Psychologismus verfallen wollen. Die Homologie kann als ein Spezialfall der Analogie in zweifacher Hinsicht verstanden werden, nämlich in genetischen und [23:] 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. 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.

Drittens entwickeln sich Modelltheorien, deren philosophische Grundlagen im dialektischen Determinismus und in der dialektisch-materialistischen Entwicklungstheorie weiter auszuarbeiten und deren philosophische Konsequenzen zu überdenken sind. Die Ausarbeitung dieser

¹⁸ A. I. Uemov, Analogija v praktike naučnogog issledovanija. Moskva 1970, str. 258 ff.

Theorien ist für die marxistisch-leninistische Philosophie gewissermaßen ein strukturelles Homologiemodell für den wissenschaftlichen Theorienbildungsprozeß, an dem das Eindringen in das Wesen der Modellierung ebenso studiert werden kann wie die Einheit von Abbild und Entwurf, von Irrtum und Wahrheit, von Hypothese und Theorie, von verlassenen und gangbaren Wegen in der Theorienbildung.

5. Erkenntnis, Effektivität und Humanismus

Die Verantwortung des Wissenschaftlers wächst nicht nur hinsichtlich der Verwendung der Erkenntnisse, sondern auch im Hinblick auf die Orientierung der wissenschaftlichen Forschung. Der Aufwand erhöht sich in bestimmten Zweigen immer mehr. Es entsteht also die Frage nach der Effektivität der Forschung, die vor allem die Themenstellung, den effektiven Einsatz der materiellen und geistigen Potenzen und die praktische und theoretische Verwertung der gewonnenen Erkenntnisse betrifft. Insofern gehen auch Wertvorstellungen in den Theorienbildungsprozeß ein.

Das Effektivitätsproblem ist vielfach verzweigt, und kurzschlüssige Folgerungen aus sich andeutenden Tendenzen wären sicher keine Lösung. K. Schwabe stellt die Frage, „ob angesichts der vielen dringlichen technischen Probleme, die für die Verbesserung unserer Lebensbedingungen in einer ständig wachsenden Menschheit gelöst werden müssen und lösbar sind, der Aufwand an Theoretikern, an Rechenmaschinen und Hilfspersonal, der für die Quantenchemie in aller Welt zur Zeit getrieben wird, im richtigen Verhältnis steht zu den Ergebnissen, die nach unserem heutigen Erkenntnisstand zu erwarten sind. Ich glaube, daß die heutige Weltsituation allgemein von jedem Wissenschaftler in unserer sozialistischen Gesellschaft verlangt, zu prüfen, ob der Aufwand, der für sein Arbeitsgebiet getrieben wird, dem zu erwartenden Ergebnis entspricht, das gilt erst recht für eine Akademie, der die Entwicklung der Grundlagenforschung anvertraut ist.“¹⁹ Es geht um die Bedeutung des theoretischen Erkenntnisgewinns für die Lösung praktischer Probleme. Darüber wird auch im Zusammenhang mit der Kosmosforschung und der Spitzenmedizin, mit dem Aufwand für die Hochenergiephysik und [24:] für die genetische Forschung diskutiert. Sicher ist die Feststellung von Schwabe zu beachten: „Solange über die zu erwartenden Resultate keine zuverlässigen Aussagen möglich sind, mit anderen Worten das Risiko außerordentlich groß ist, darf nach einem alten pragmatischen ökonomischen Prinzip der Aufwand für diese Forschung keinesfalls zu Lasten anderer dringlicher und mit Sicherheit lösbarer Aufgaben gehen.“²⁰ Dieser Bezug zwischen dem Aufwand für Grundlagenforschung mit nicht vorhersehbarem Ausgang und für gerichtete Forschungen für dringlich lösbare Aufgaben ist bei jeder Forschungsplanung zu berücksichtigen, darf jedoch nicht allein als Maßstab gelten. Es muß beachtet werden, daß die Wissenschaftsentwicklung sich nicht linear von der Erkenntnis grundlegender Gesetze bis zur Ausnutzung in der Praxis vollzieht. Um die Lösbarkeit von Aufgaben zu erkennen, bedarf es des Spürsinns eines hervorragenden Forschers oder Kollektivs. Aber auch dann kann es noch Fehlkalkulationen hinsichtlich der Zeit geben. Besonders bei der Entwicklung neuer Wissenschaftsdisziplinen oder neuer Zweige werden die möglichen Resultate oft überschätzt.²¹ Das schmälert jedoch keineswegs die Bedeutung solcher Forschungen.

Die Multivalenz in der Nutzung von Ergebnissen der Grundlagenforschung kann zur effektiven Lösung von Problemen führen, die nicht vorhersehbar waren. Außerdem hat jedes Land – das gehört zur Entwicklung seiner Kultur – seinen möglichen Beitrag zum Fundus grundlegender

¹⁹ K. Schwabe, Diskussionsbeitrag, in: K. Fuchs, Zur Bedeutung der theoretischen Physik für die Naturwissenschaften, S. 27.

²⁰ Ebenda.

²¹ Als Beispiel sei auf die geplanten genetischen Forschungen in der Sowjetunion verwiesen, die von 1932 bis 1937 vorgesehen und sehr viellängere Zeit erforderten. Vgl.: N. P. Dubinin, Večnoe dviženie, Moskva 1973, str. 171. Vgl. auch: H. Klare, Grundlagenforschung – Basis des wissenschaftlich-technischen Fortschritts, in: Einheit, Heft 10, 1976, S. 1096 ff.

Erkenntnisse zu leisten, die verschieden genutzt werden können. Die wissenschaftlichen Leistungen einer Nation sind ein Beitrag zum kulturellen Ansehen, das sie genießt.

Trotz dieser Gesichtspunkte – der Nichtlinearität, der begrenzten Prognostizierbarkeit und des Beitrages zur Kulturentwicklung – ist die praktische kurzfristige Nutzbarkeit wesentlicher Effektivitätsfaktor wissenschaftlicher Forschung. Insofern gehört der Hauptteil der materiellen und geistigen Potenzen in der Forschung der Befriedigung der gesellschaftlichen Bedürfnisse verschiedener Art, sei es durch kurzfristige Lösung auf der Grundlage existierender Theorien oder durch zu erarbeitende komplexe Lösungen mit Hilfe neuer experimenteller und theoretischer Erkenntnisse.

Ein wichtiger Ansatzpunkt zur Erhöhung der Effektivität ist die Nutzung schöpferischer Potenzen. Als schöpferisch war bezeichnet worden, 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 räumlichen und zeitlichen Beziehungen theoretisch und praktisch beherrschen läßt. Hier sind weniger Investitionen erforderlich; vielmehr geht es um die Schaffung solcher Bedingungen wie schöpferische Arbeitsatmosphäre, hohe Anforderungen an die schöpferische Leistung, Umsetzung ungenügend befähigter Mitarbeiter und konstruktive sachliche an Stelle einer destruktiven verwirrenden Kritik. Dabei kann eine disziplinäre Forschung auf hohem Niveau neue Anregungen für Fragestellungen und Problemlösungen aus der interdisziplinären Zusammenarbeit gewinnen, die sich als unumgänglich erweist, wenn Integrationsprobleme komplex zu lösen sind und einzelne Wissenschaften nur Teilbeiträge bringen. Der wissenschaftliche Meinungsstreit ist dazu ein wichtiges Mittel in den und zwischen den Disziplinen zur Entwicklung einer schöpferischen Atmosphäre, der wenig zusätzlichen Aufwand verlangt. Nur darf es sich nicht um die Wiederholung von Argumenten ohne neue Beweise oder gar um die Kritik ohne Argumente handeln.

Effektivität ist eine humanistische Forderung an die wissenschaftliche Forschung im Sozialismus, weil die mit geringerem Aufwand erzielten Erkenntnisse, die früher vorgelegten Ergebnisse und die komplexen Lösungen der Hebung des materiellen und kulturellen Lebensniveaus zugute kommen. Dabei muß die wissenschaftliche Forschung selbst humanistischen Forderungen genügen. Zwei Beispiele sollen das verdeutlichen.²²

Psychopharmaka sind ein wichtiges Mittel, um mit Schäden fertig zu werden, die sich aus dem wissenschaftlich-technischen Fortschritt, aus Überbelastung und anderen Einflüssen ergeben. Insofern sind sie, in Grenzen angewandt, ein wichtiges Heilmittel. Die Forschung muß jedoch darüber hinaus nicht nur Sekundärwirkungen aufmerksam beobachten, sondern den Einfluß auf die Persönlichkeitsstruktur berücksichtigen. Dabei kann es nicht allein um das Individuum an sich gehen. Jeder Mensch lebt in verschiedenen Kollektiven, sei es das Arbeitskollektiv, der Freundeskreis, die Familie. Auch hier sind Ein- und Auswirkungen möglich, die erforscht werden müssen. Diesem Integrationsproblem ist sicher nur in der Zusammenarbeit verschiedener Wissenschaftsdisziplinen beizukommen. Humanismus bezieht sich nicht nur auf die Entscheidungsfreiheit, die Kenntnis des Risikos durch den einzelnen, sondern betrifft auch seine Stellung im Kollektiv und die Hilfe durch das Kollektiv. Damit wird die Forschung erweitert, um mehr wesentliche Komponenten in Betracht ziehen zu können, was den Rahmen bisheriger Forschungsgebiete sprengen kann. Die Berücksichtigung humanistischer Forderungen verlangt folglich die Erkenntnis wesentlicher Integrationsbeziehungen.

Das zweite Beispiel soll die mit neuen Forschungen verbundenen humanistischen Möglichkeiten verdeutlichen. Wir wissen, daß die genetischen Möglichkeiten der Individuen für die tätige Auseinandersetzung mit der Wirklichkeit unterschiedlich sind. Dabei gibt es sicher mehr genetische Möglichkeiten, als gesellschaftlich bisher in ausgebildeten Verhaltensweisen realisiert

²² Vgl.: H. Hörz, *Mensch contra Materie?* Berlin 1976.

sind. Der derzeitige Wissenserwerb in der allgemeinbildenden Schule ist auf die Vermittlung von theoretischem Wissen orientiert, wobei in Ansätzen praktische Fähigkeiten einbezogen werden. Es wäre denkbar, genetisch-biologische und pädagogische Forschungskapazität für die Überprüfung neuer Modelle der Vermittlung von Fähigkeiten und Fertigkeiten für die praktische und geistige Aneignung der Wirklichkeit einzusetzen. Über Illusion oder Realisierbarkeit kann erst die Praxis entscheiden. Um praktikable Lösungen zu erhalten, muß theoretischer Aufwand betrieben werden, müssen Experimente in kleinen Bereichen stattfinden. Hier wäre ein Weg, wissenschaftliche Forschung direkt für die Freisetzung schöpferischer Potenzen anzusetzen, was dem Menschen und der Gesellschaft nutzen würde.

Die philosophische Analyse des Verhältnisses von Experiment, Modell und Theorie im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozeß führt also zu einer Reihe wichtiger Probleme, die weiter untersucht werden müssen. Ihre Lösung verlangt Antworten auf weltanschauliche Fragen, die weitere Erforschung der objektiven und der Erkenntnisdiagnostik und die Berücksichtigung nicht nur erkenntnistheoretischer, sondern auch humanistischer Überlegungen für die weitere Orientierung der Forschung.

Quelle: Herbert Hörz, Michail Erasmowitsch Omeljanovsky (Herausgeber): Experiment, Modell, Theorie, Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1982