

STELLUNG UND BEDEUTUNG DES MESSENS UND DER INSTRUMENTALEN BEOBACHTUNG IN DER PHYSIKALISCHEN ERKENNTNIS

(Auszug aus einer Studie »Über einige Fragen der Rolle des Messens und der Meßinstrumente in der Erkenntnistheorie«)*

Von

T. ELEK

Lehrstuhl für Marxismus-Leninismus
Technische Universität Budapest
(Eingegangen am 8. Dezember, 1960)

Die erkenntnistheoretische Problematik der physikalischen Forschung ist eine Frage, die die hervorragendsten Physiker stets lebhaft beschäftigt hat, besonders waren es jedoch die revolutionären Umwälzungen in der Physik, die seit den letzten Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts auch diese Erwägungen in den Vordergrund stellten. Vom erkenntnistheoretischen Standpunkt aus aber entsprossen den Ergebnissen der modernen Physik ebenso zahlreiche falsche Ansichten wie vom allgemeinen weltanschaulichen Blickwinkel aus. Die Hervorhebung der einen oder der anderen Seite des verwickelten, sich widersprechenden, komplexen Prozesses der physikalischen Erkenntnis und die Überschätzung ihrer Bedeutung oder die Unterschätzung der Wichtigkeit anderer Seiten führte so manchen Physiker von Namen zu verfehlten, in einigen Fällen zu eklektischen erkenntnistheoretischen Konzeptionen.

Albert Einsteins erkenntnistheoretische Konzeption

In seiner 1914 gehaltenen Antrittsrede vor der Preußischen Akademie der Wissenschaften äußerte sich beispielsweise ALBERT EINSTEIN des näheren über einzelne Momente der physikalischen Erkenntnis und über deren Verhältnis zueinander. Zwar gab er zu, die physikalische Forschung habe zwei einander entgegengesetzte Pole, die Erfahrung und den Verstand (»Empirie und Ratio«), doch faßte er einerseits die Rolle der Erfahrung subjektivistisch auf, um sie andererseits gegenüber der intuitiv axiomatischen Aufstellung einer Theorie und gegenüber der mathematischen Deduktion zutiefst zu unterschätzen. Als höchstes Ziel des Physikers bezeichnete er die Erforschung logisch weiter nicht mehr zu vereinfachender Grundbegriffe und Grundgesetze, aus denen sich auf dem Wege der reinen Deduktion das gesamte Weltbild ausgestalten lasse. Auf dem Gebiet der Aufstellung von Theorien, so behauptete er, gebe es keine erlernbaren, systematisch anwendbaren Methoden, die zum Ziel führten, um sodann fortzusetzen:

* Auszugsweise vorgetragen am 20. Oktober 1960 anlässlich der wissenschaftlichen Tagung der ideologischen Lehrstühle an der Loránd-Eötvös Universität Budapest.

»So lange aber die Prinzipie, die der Deduktion als Basis dienen können, nicht gefunden sind, nützt dem Theoretiker die einzelne Erfahrungstatsache zunächst nichts; ja er vermag dann nicht einmal, mit einzelnen empirisch ermittelten allgemeineren Gesetzmäßigkeiten etwas anzufangen. Er muß vielmehr im Zustande der Hilflosigkeit den einzelnen Resultaten der empirischen Forschung gegenüber verharren, bis sich ihm Prinzipie erschlossen haben, die er zur Basis deduktiver Entwicklungen machen kann.« (A. EINSTEIN: Mein Weltbild. Querido Verlag, Amsterdam, 1934, S. 172.)

Einstein geht so weit, mit Newton zu polemisieren, weil dieser noch daran geglaubt hatte, Masse, Trägheit und Kraft, die Grundbegriffe seines Systems, sowie die mechanischen Grundgesetze und das Gesetz der Massenanziehung ließen sich aus empirischen Beobachtungen und Experimenten auf dem Wege der Abstraktion und Verallgemeinerung und mit den Methoden der logischen Induktion ableiten. Mit einer merkwürdigen Logik führt er zur Bekräftigung seiner Behauptung die allgemeine Relativitätstheorie ins Treffen und erklärt, aus der Tatsache, daß man auf zwei grundverschiedenen Grundlagen, d. h. sowohl aus der Newtonschen als auch aus seiner, der Einsteinschen Theorie mit der Erfahrung übereinstimmende theoretische Ergebnisse *ableiten könne*, werde

»jedenfalls bewiesen, daß jeder Versuch einer logischen Ableitung der Grundbegriffe und Grundgesetze der Mechanik aus elementaren Erfahrungen zum Scheitern verurteilt ist.« (Ebenda, S. 182.)

In Einsteins Konzeption erfährt im Grunde genommen die erkenntnistheoretische Rolle der Praxis eine einseitige Verzerrung, da er bloß die Tatsache sehen will, daß die Praxis, die Beobachtungen, Experimente und Messungen die Theorie — welche primären und intuitiven Charakter trägt — *bestätigen* müssen, während er es andererseits im dunkeln beläßt, daß es eben die Beobachtungen, Experimente und Messungen sind, die den *Ausgangspunkt* der theoretischen Physik darstellen, und daß hiervon selbst die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie nicht ausgenommen sind. Bei der Aufstellung der speziellen Relativitätstheorie stützte sich Einstein, wie er dies selbst an mehreren Stellen zugibt, auf das Erfahrungsmaterial der *Elektrodynamik und Optik*, insbesondere jedoch auf die negativen Ergebnisse des Michelson—Morley-Versuchs. (Siehe beispielsweise die Seiten 216/17 des zitierten Werkes.) Die allgemeine Relativitätstheorie hingegen stellt ein neues System dar, das die aus Versuchen zum Großteil schon bekannten Zusammenhänge zwischen den *Gravitationswirkungen*, so etwa die von Loránd Eötvös experimentell bereits bewiesenen Gleichheit von schwerer und träger Masse neu interpretiert (siehe ebenda, S. 225/26.). Dennoch behauptet aber Einstein, die »deduktive Physik« stelle der »induktiven Physik« vergeblich Fragen, weil diese außerstande sei, die deduktive axiomatisch zu untermauern.

»Durch rein mathematische Konstruktion«, erklärt Einstein, »vermögen wir nach meiner Überzeugung diejenigen Begriffe und diejenige gesetzliche Verknüpfung zwischen ihnen zu finden, welche den Schlüssel für das Verstehen der Naturerscheinungen liefern. Die brauchbaren mathematischen Begriffe können durch Erfahrung wohl nahe gelegt, aber keinesfalls aus ihr abgeleitet werden. Erfahrung bleibt natürlich das einzige Kriterium der Brauchbarkeit einer mathematischen Konstruktion für die Physik. Das eigentlich schöpferische Prinzip liegt aber in der Mathematik. In einem gewissen Sinne halte ich es also für wahr, daß dem reinen Denken das Erfassen des Wirklichen möglich sei, wie es die Alten geträumt haben«. (Ebenda, S. 183.)

Einstein akzeptiert damit offen und klar den erkenntnistheoretischen Rationalismus (die Konzeption von Descartes, Spinoza und Leibniz) sowie jene machistische Anschauungen, die im Zusammenhang mit der Mathematisierung der theoretischen Physik aufgetaucht waren, und denen LENIN in seinem Werk »Materialismus und Empiriokritizismus« den Kampf angesagt hatte. Einsteins erkenntnistheoretische Anschauungen ähneln in vielen Hinsichten auch sonst denen von Mach, worauf auch Max von Laue in seiner »Geschichte der Physik« hinweist (Gondolat [Gedanken-] Verlag, Budapest, 1960, ungarisch, S. 89). Ein derartiges verbindendes Band zwischen den Anschauungen von Mach und Einstein bildet eben die *idealistische* Deutung des *Ursprungs* der mathematisch formulierten Naturgesetze. Mach behauptet (nach Hume), nicht irgend ein objektiver Zusammenhang in der Natur sei die Quelle einer mathematisch formulierten physikalischen Gesetzmäßigkeit, sondern »die Beschaffenheit unseres Geistes, das diesem eigene Vermögen, bestimmte apriorische Wahrheiten zu erkennen«. (W. I. LENIN: Materialismus und Empiriokritizismus. Dietz Verlag, Berlin, 1952. S. 148.)

Einsteins Auffassung in dieser Frage unterscheidet sich von derjenigen Machs bloß darin, daß er sich nicht auf Hume, sondern auf Leibniz beruft. Überaus charakteristisch ist hierfür jener Vortrag, den er 1918 anlässlich des 60. Geburtstages Max Plancks vor der Berliner Physikalischen Gesellschaft hielt.

»Keiner, der sich in den Gegenstand wirklich vertieft hat«, so stellte Einstein in dieser Rede fest, »wird leugnen, daß die Welt der Wahrnehmungen das theoretische System praktisch eindeutig bestimmt, trotzdem kein logischer Weg von den Wahrnehmungen zu den Grundsätzen der Theorie führt; dies ist es, was Leibniz so glücklich als »prästabilierte Harmonie« bezeichnete. Diesen Umstand nicht genügend zu würdigen wird von den Physikern manchem Erkenntnis-Theoretiker zum schweren Vorwurf gemacht. Hierin scheinen mir auch die Wurzeln der vor einigen Jahren zwischen Mach und Planck geführten Polemik zu liegen«. (Mein Weltbild, S. 168—169.)

Hier weist also Einstein Mach bloß deshalb zurecht, weil er die Übereinstimmung zwischen dem mathematischen Formalismus der theoretischen Physik und den Wahrnehmungen nicht mit Gottes weisem Ratschluß, sondern

mit den apriorischen Fähigkeiten unseres Geistes erklärt. Darin aber stimmen Mach und Einstein völlig überein, daß »kein logischer Weg von den Wahrnehmungen zu den Grundsätzen der Theorie führt«, daß nicht die Natur den Menschen, sondern der (objektive oder subjektive) Geist der Natur Gesetzmäßigkeiten und deren mathematische Formulierung gibt.

Es muß betont werden, daß Einstein bei dieser seiner erkenntnistheoretischen Konzeption bis zum Ende verharret hat. In der Einleitung zu seinen 1921 an der Universität Princeton gehaltenen Vorlesungen bekennt er sich wiederholt zu diesen Anschauungen. Die Vorlesungen sind in Amerika und in Deutschland in mehreren Auflagen, zuletzt 1956 in Braunschweig unter dem Titel »Grundzüge der Relativitätstheorie« erschienen. Diese erweiterte Ausgabe hat bei sonst unverändertem Text zwei Anhänge und ein 1954 verfaßtes neues Vorwort. Wie umreißt Einstein hier die Aufgaben der Wissenschaft?

»Alle Wissenschaft«, heißt es dort wörtlich, »sei es Naturwissenschaft oder Psychologie, sucht in gewisser Weise unsere Erlebnisse zu ordnen und in ein logisches System zu bringen... Jenen sinnlichen Erlebnissen verschiedener Individuen, welche einander entsprechen und demnach in gewissem Sinne überpersönlich sind, wird eine Realität gedanklich zugeordnet. Von ihr, daher mittelbar von der Gesamtheit jener Erlebnisse, handeln die Naturwissenschaften, speziell auch deren elementarste, die Physik. Relativ konstanten Erlebniskomplexen solcher Art entspricht der Begriff des physikalischen Körpers, speziell auch des festen Körpers.« (A. EINSTEIN: Grundzüge der Relativitätstheorie, Vieweg-Verlag, Braunschweig, 1956. S. 1.)

Als würde man Mach lesen! Die Wissenschaft erschließt nicht die Zusammenhänge zwischen den objektiven Realitäten, sondern diejenigen zwischen subjektiven Erlebnissen, und die Begriffe der Wissenschaft beziehen sich nicht auf Objekte, sondern auf »Erlebniskomplexe«, denen eine Realität nur gedanklich zugeordnet wird. Die Abweichung von Mach manifestiert sich auch hier bloß in der Verwerfung des Apriorismus und in der Betonung des mystischen Gedankens der »prästabilierten Harmonie« zwischen den Begriffen der Wissenschaft und den sinnlichen Erlebnissen.

»Begriffe und Begriffssysteme erhalten die Berechtigung nur dadurch, daß sie zum Überschauen von Erlebniskomplexen dienen; eine andere Legitimation gibt es für sie nicht. Es ist deshalb nach meiner Überzeugung eine der verderblichsten Taten der Philosophen, daß sie gewisse begriffliche Grundlagen der Naturwissenschaft aus dem der Kontrolle zugänglichen Gebiete des Empirisch-Zweckmäßigen in die unangreifbare Höhe des Denknötwendigen (Apriorischen) versetzt haben. Denn wenn es auch ausgemacht ist, daß die Begriffe nicht aus den Erlebnissen durch Logik (oder sonstwie) abgeleitet werden können, sondern in gewissem Sinn freie Schöpfungen des menschlichen Geistes sind, so sind sie doch ebensowenig unabhängig von der Art der Erlebnisse, wie etwa die Kleider von der Gestalt der menschlichen Leiber.« (Ebenda, S. 2.)

Mystische Kräfte waren es also, die die Begriffe und den mathematischen Apparat der Physik unseren Erlebnissen angepaßt haben, uns dagegen fiel bei diesem Akt bloß die Rolle des mehr oder weniger geschickten Ministranten zu. Gestattet ist es uns allerdings, nachträglich zu kontrollieren, ob sich das Kleid dem Leibe gut anschmiegt und ob sich das den mystischen Quellen entsprungene Begriffssystem in unsere Erlebnisse gut einfügt.

Ich möchte ausdrücklich festhalten, daß ich hier dezisiv Einsteins *philosophische* und insbesondere seine *erkenntnistheoretischen* Anschauungen einer kritischen Analyse zu unterziehen trachtete. Die Untersuchung darüber, inwieweit diese Anschauungen der Tätigkeit *des Physikers* Einstein und dem *physikalischen* Inhalt der Relativitätstheorie ihr besonderes Gepräge gegeben haben, ist nicht Aufgabe dieser Studie. Bekanntlich ist in dieser Frage eine Diskussion zwischen A. D. ALEXANDROW und L. JÁNOSSY im Gange. Meines Erachtens befassen sich beide der diskutierenden Parteien etwas einseitig bloß mit der Gefahr der machistischen, positivistischen Deutbarkeit der Theorie, als hätte Einstein einseitig die subjektive Seite der Beobachtung und Messung betont und diese hervorgekehrt. Ich denke aber, daß man hier einer komplizierteren Frage gegenübersteht: Es muß untersucht werden, wie die Annahme der Leibnizschen philosophischen Konzeption in der Relativitätstheorie selbst zum Ausdruck gelangt. In Einsteins *erkenntnistheoretischen* Anschauungen erscheint, wie wir sahen, eben die Rolle der wissenschaftlichen Praxis, d. h. der Beobachtung und der Messung zu einer sekundären deklariert, weil seines Erachtens in der Physik die Axiomatik und die mathematische Deduktion den primären, dominierenden Faktor darstellt.

Die maßlose Übersteigerung der Rolle des mathematischen Apparates, seine Deklaration zum primären und das Hosianna über seine »wunderbare« Übereinstimmung mit den Wahrnehmungen der Messung bilden Charakterzüge dieser Konzeption, deren Spuren auch im Physikunterricht auf den Hochschulen anzutreffen sind.

In den vom Physikalischen Institut der Budapester Technischen Universität herausgegebenen Kollegienheften über theoretische Mechanik, Thermodynamik, Elektrodynamik und Optik gelangt diese Auffassung ganz klar zur Geltung. So geht beispielsweise das Kollegienheft über Thermodynamik von den vier grundlegenden Hypothesen des idealen Gases aus, die solcherart als intuitive Verstandeskonstruktionen, als willkürliches System von Axiomen erscheinen. Von da an dominiert die mathematische Deduktion im ganzen Kollegienheft, so zwar, daß z. B. auch das Boyle-Mariottesche Gesetz nur als Ergebnis einer theoretischen Ableitung dargestellt ist, während die Messungen zur Hauptsache bloß in dem Sinne erwähnt sind, daß sie eine bewunderungswürdige Übereinstimmung mit den theoretischen Berechnungen, mit den zuvor aufgeschriebenen Differentialgleichungen zeigen. Im Kollegienheft über Elektrodynamik finden sich zwar Hinweise darauf, daß die Grundglei-

chungen auf gewissen experimentellen Erfahrungen und Messungen fußen, doch erscheint auch hier die Rolle des mathematischen Apparates als das primär Gegebene, da als Erfahrungstatsache, von der man ausgeht, der dem Nullwert gleiche oder von diesem abweichende Wert des Linienintegrals der elektrischen bzw. magnetischen Feldstärke entlang einer geschlossenen Kurve angegeben ist, während uns z. B. das Biot-Savartsche Gesetz bereits als Ergebnis einer mathematischen Deduktion präsentiert wird, die sich der Mittel der Vektoranalyse bedient, und ebenso die Tatsache, daß das homogene Magnetfeld im geschlossenen Leiter ein Drehmoment erzeugt. Wo demgegenüber die Anwendung der mathematischen Deduktion begründet erscheinen würde, wie etwa die Ableitung der Wellengleichung aus den Maxwell'schen Gleichungen, geschieht sie bloß ergänzend im Anhang, nachdem die phänomenologische Behandlung der Erscheinung der elektrischen Wellen bereits ihren Abschluß gefunden hat. Im Kollegienheft über Optik vollends ist der Aufbau des mathematischen Apparates als *erste* Aufgabe des Physikers geradeswegs zum betonten Programm erklärt.

Diese Konzeption des erkenntnistheoretischen Rationalismus kann keinesfalls akzeptiert werden, weil sie in offenkundigem Widerspruch zu den Tatsachen und zum tatsächlichen Prozess der physikalischen Erkenntnis steht, wenn wir diesen in seiner komplexen Ganzheit betrachten. In seinem bereits zitierten Werk *»Materialismus und Empiriokritizismus«* unterzieht Lenin diese idealistische Konzeption einer scharfen Kritik und weist darauf hin, daß Physiker, die derart denken, in einem Irrglauben befangen sind, wenn sie meinen, das Material für ihre Theorien lieferten nicht die groben materiellen, sondern die konzeptuellen, d. h. die begrifflichen, »rein logischen« Elemente.

»Die Materie verschwindet«, so charakterisiert Lenin diese Konzeption, »es bleiben einige Gleichungen. Auf einer neuen Entwicklungsstufe und gleichsam auf neue Art kommt die alte Kantische Idee wieder: die Vernunft schreibt der Natur die Gesetze vor.« (Ebenda, S. 298.)

Lenin verwirft diesen reaktionären Standpunkt und fordert von den Physikern, den objektiven Wert ihrer Theorien anzuerkennen und zu begreifen, daß die Entwicklung der Physik in ihrem Wesen aus einem fortwährendem Kampf zwischen der unermüdlich immer wieder neues Forschungsmaterial liefernden Natur und dem ebenso unermüdlich zu Erkenntnissen gelangenden Verstand besteht.

». . . die Natur sei unendlich«, betont Lenin, so wie ihr kleinstes Teilchen (darunter auch das Elektron) unendlich ist. doch die Vernunft verwandelt ebenso unendlich die 'Dinge an sich' in 'Dinge für uns'.« (Ebenda, S. 302.)

Die erkenntnistheoretische Konzeption Max Plancks

Wiederholt unterstreicht Lenin, daß unsere *Empfindungen* und *Wahrnehmungen* bloß die oberflächlichen Erscheinungen der objektiven Wirklich-

keit erschließen, während uns die tiefere Erkennung der Wirklichkeit unsere *Theorien* liefern, die ihrerseits wieder durch die in der sinnlich-materiellen Tätigkeit zum Ausdruck gelangende Praxis bestätigt, verfeinert und fortentwickelt werden müssen. Der Standpunkt der materialistisch denkenden Physiker stimmt in dieser Frage natürlich mit demjenigen der dialektisch-materialistischen Erkenntnistheorie überein. MAX PLANCK z. B. bezeichnete es im November 1941 in seinem Vortrag über »*Sinn und Grenzen der exakten Wissenschaft*« als Ziel der wissenschaftlichen Arbeit, die Ordnung und Gesetzmäßigkeit aus der bunten Vielfalt der Erlebnisse zu erschließen, die uns von den verschiedenen Gebieten der wahrnehmbaren Welt entgegenströmen.

»Da es die exakte Wissenschaft mit meßbaren Größen zu tun hat, so kommen für sie in erster Linie diejenigen Sinneseindrücke in Betracht, welche quantitative Angaben gestatten, also die Gesichtswelt, die Gehörswelt, und die Tastwelt. Diesen Gebieten entnimmt die Wissenschaft das Material für ihre Forschung und bearbeitet es mit den Werkzeugen des logischen, mathematisch und philosophisch geschulten Denkens.« (MAX PLANCK: *Sinn und Grenzen der exakten Wissenschaft*. Barth Verlag, Leipzig, 1955, S. 8.)

In seiner weiter oben bereits zitierten Rede zum 60. Geburtstag Max Plancks stellte Einstein, wie wir sehen, das Wesen der zwischen Mach und Planck geführten erkenntnistheoretischen Polemik so ein, als hätte auch Planck zwar die Unabhängigkeit der physikalischen Theorien von den Wahrnehmungen akzeptiert, als hätte auch Planck zwar die Theorie für das Primäre, die Natur hingegen für das Sekundäre gehalten, bei Mach aber auch seinerseits das Fehlen der Leibnizschen »prästabilierten Harmonie« zwischen Theorie und Wahrnehmung bemängelt. Dies wäre jedoch eine schwere Verken- nung der erkenntnistheoretischen Konzeption Max Plancks.

Bei der Ablehnung des Machschen subjektiven Idealismus stand Planck keineswegs auf dem Standpunkt des objektiven Idealismus, sondern auf dem des Materialismus, wofür die soeben zitierte Vortragsstelle und andere Stellungnahmen Plancks einen schlagenden Beweis liefern.

Planck stellt wiederholt fest, daß nicht die sinnlichen Wahrnehmungen das Primäre seien, sondern die Objekte, durch die sie ausgelöst werden, und jede wissenschaftliche Forschungsarbeit habe die Überzeugung zur Voraussetzung, daß die Natur eine objektive Realität darstellt, die wir selbst in ihren verborgenen Geheimnissen zu ergründen vermögen. Jedes Experiment ist eine Frage, die wir an die Natur stellen, und jede Messung vermittelt uns ihre Antwort hierauf. Der Theoretiker hat die Aufgabe, die Fragen sinnvoll zu stellen und die Antworten richtig zu deuten: »*Mit diesen beiden Aufgaben beschäftigt sich der Theoretiker und ist dabei in immer steigendem Maße genötigt, sich abstrakter mathematischer Hilfsmittel zu bedienen.*« (Ebenda, S. 25.) Es kann mithin nicht der leiseste Zweifel bestehen, daß Plancks erkenntnistheoretische Konzeption den mathematischen Apparat der theoretischen Physik

— so abstrakt er auch sein mag —, von der objektiven Realität ableitet und ihn für die der Natur eigene Terminologie hält, mit der sie unsere Fragen beantwortet. Die natürliche Erscheinung ist das widerspiegelte Objekt, die Mathematik das widerspiegelnde Bild. Dies kommt einer deutlichen Ablehnung nicht nur der die Mathematik apriorisch deutenden Hume-Machschen Konzeption, sondern auch der ihr eng verwandten Leibniz-Einsteinschen Konzeption gleich, die zwischen Natur und Mathematik eine Art mystischer »prästabiler Harmonie« voraussetzt. Plancks Konzeption von der physikalischen Erkenntnis ist — ihrem Wesen nach — identisch mit derjenigen der dialektisch-materialistischen Erkenntnistheorie. Auf ein anderes Blatt gehört es, daß seine über die physikalische Erkenntnis *hinausgehenden* philosophischen Anschauungen keineswegs materialistisch sind. (L. JÁNOSY: Philosophische Anschauungen Plancks in der Physik. Magyar Tudomány, 7/8, 1959, S. 348/350. ungarisch.)

Wichtigere Momente der physikalischen Erkenntnis

Die Geschichte der Physik beweist, daß im komplexen Prozeß der physikalischen Erkenntnis die Dialektik der Empfindung und des Denkens, der Praxis und der Theorie im Wechsel folgender wichtiger Momente zur Geltung gelangt:

Das erste Moment stellen die unmittelbare Betrachtung der Natur und die einfache sinnliche Beobachtung der physikalischen Phänomene dar, die die physikalischen Vorgänge in ihrer Zusammengesetztheit und Scheinbarkeit widerspiegeln.

Ihm folgt als nächstes Moment die *Ableitung* der allgemeinen *Begriffe* durch Abstrahierung aus dem durch die unmittelbare Naturbetrachtung gewonnenen *sinnlichen Bild* und die Beschreibung der beobachteten Erscheinungen durch die Verknüpfung dieser Begriffe. Im Anfangsstadium tragen hierbei die Begriffe selbst und auch die ganze Beschreibung einen qualitativen Charakter.

Den nächsten Schritt bildet die Beobachtung der auffallendsten quantitativen Aspekte der wahrgenommenen Erscheinungen. Er führt auf der untersten Stufe zur Bildung der einfachsten quantitativen Begriffe der objektiven Wirklichkeit, zu den Begriffen von Entfernung, Winkel, Zeitdauer, Fläche, Rauminhalt, Gewicht und im weiteren Verlauf zur Bildung der Begriffe stets komplizierterer Größenparameter.

An diese Stufe schließt sich bereits die *praktische Tätigkeit des Experimentierens und des Messens* an, wobei der Mensch nun schon selbst die zu studierenden Erscheinungen auslöst, Versuchsanlagen und Meßgeräte baut und bestrebt ist, für die Experimente und Messungen Voraussetzungen zu schaffen, unter denen sich die betreffende Erscheinung in verhältnismäßig reiner Form abspielen kann, um schließlich auch danach zu trachten, in Ab-

hängigkeit von gewissen Parametern den Verlauf anderer Parameter zu erfassen.

Die häufige Wiederholung der Experimente und Messungen gibt dem Physiker schließlich jene Menge der Angaben an die Hand, die Planck das von der Gesichtswelt, Gehörswelt und Tastwelt dargebotene Material nannte. Aus diesem Rohmaterial lassen sich mit Hilfe der logischen Induktion Rückschlüsse auf die unter dem oberflächlichen Schein verborgenen allgemeinen, wesentlichen, sich wiederholenden quantitativen Zusammenhänge, d. h. auf die zumeist auch mathematisch erfassbaren physikalischen Gesetze ziehen. Auf dieser Stufe handelt es sich also um die *theoretische* Verarbeitung des Rohmaterials, doch bewegt sich diese noch immer erst auf einer verhältnismäßig niedrigen Stufe der theoretischen Verarbeitung, d. h. es entsteht eine *phänomenologische*, deskriptive Theorie. Immerhin ist es aber bereits eine *quantitative Phänomenologie*, die sich auch mathematischer Methoden bedient (so etwa der graphischen oder der numerischen Interpolation), und in empirischen Gleichungen ihren Niederschlag findet. Die Keplerschen Gesetze von der Planetenbewegung, Galileis Feststellungen von den Gesetzmäßigkeiten des freien Falls, die mit den Zustandsgrößen der Temperatur, des Druckes und des Volumens operierende klassische, deskriptive Thermodynamik, die Elektrodynamik, die die Erscheinungen der Elektrizität und des Magnetismus sowie der zwischen ihnen bestehenden Wechselwirkung beschreibt, ferner die Theorie Mendelejews über das Periodische System der Elemente oder die Balmerformel zur Berechnung der Einzellinien im Wasserstoffspektrum stellen einige charakteristische Beispiele für die empirische, phänomenologische Theorie dar.

Die physikalische Erkenntnis verharret jedoch nach dem Zeugnis der Physikgeschichte nicht lange auf der Stufe der phänomenologischen Theorie. Teils auf Grund neuer experimenteller Erfahrungen, teils mit Hilfe abstrakter Überlegungen und unter Anwendung von Analogien und Hypothesen erkennt man den *inneren Mechanismus* der phänomenologisch beschriebenen *Erscheinungen*. In vielen Fällen folgt hierauf die Entdeckung der inhaltlichen Einheit formell verschiedener Phänomene.

Naturgemäß kommt es auch zur Einführung und Messung der für das tiefere Wesen kennzeichnenden neuen physikalischen Größen, ferner anhand früherer und neuerer experimenteller Ergebnisse auch zur Formulierung gewisser *theoretischer Fundamentalsätze*, sodann mit den Mitteln der logischen und mathematischen Deduktion einesteils zur Ableitung phänomenologisch bereits bekannter Zusammenhänge aus diesen Fundamentalsätzen als Axiomen, andernteils zur Ausarbeitung *neuer theoretischer Ergebnisse* und schließlich zu ihrer praktischen Sicherung durch Kontrollmessungen und andere Experimente. Diese Entwicklungslinie läßt sich beispielsweise erkennen an der Newtonschen klassischen Mechanik, die die Erklärungen für die Bewegungsercheinungen auf der Erde und am Himmel in eine Einheit zusammenfaßte.

Beispiele einer ähnlichen Entwicklung der physikalischen Erkenntnisse sind auch die *Faraday—Maxwellsche* Theorie, die die Optik in die Elektrodynamik eingliederte und die *Boltzmannsche* statistische Thermodynamik.

Wenngleich das unmittelbar meßbare Rohmaterial für die physikalische Erkenntnis auch weiterhin die für unsere Sinnesorgane zugängliche Gesichtswelt, Gehörswelt und Tastwelt liefert, so erlangen wir aus den durch unsere Instrumente gewonnenen Unterlagen mittelbar auch Kenntnis von physikalischen Größen und quantitativen Gesetzmäßigkeiten, mit deren Hilfe wir *auch unmittelbar nicht wahrnehmbare Vorgänge* im Mikro- und Makrokosmos, in der Erforschung des Atoms und des Universums *zu erkennen vermögen*.

Hinzufügen dürfen wir noch, daß die physikalische Erkenntnis naturgemäß ebenso wenig Selbstzweck ist wie der Erkenntnisprozeß in seiner Gänze. Der Zweck der Erkenntnis der Welt ist *die Umformung der Welt*, und dieser Akt bildet auch einen organischen Teil des komplexen Vorganges der *physikalischen* Erkenntnis. Es gilt als Binsenwahrheit, daß *die Physik von heute die Technik von morgen* darstellt. Die Mechanik und Optik, die Thermo- und die Elektrodynamik, aber auch die Atomphysik sind Wissenszweige, die — durch die Erfordernisse der Praxis geschaffen und entwickelt —, in mächtigen Industriezweigen ihren praktischen Niederschlag finden. Ebenso werden die zur physikalischen Erkenntnis unentbehrlichen Meßgeräte von der Industrie hergestellt, während umgekehrt die Verwendung eben dieser Meßgeräte die Industrie, die Landwirtschaft und das Verkehrswesen auf ein höheres Niveau hebt, die Automation von Produktion und Transport ermöglicht, damit zu einem bedeutenden Faktor der Eliminierung des wesentlichen Unterschiedes zwischen geistiger und physischer Arbeit wird und im weiteren zur Förderung der Wissenschaft und besonders der physikalischen Erkenntnis sowie zur gesellschaftlichen Entwicklung beiträgt.

Positivistische Verzerrung der erkenntnistheoretischen Rolle der Messung

Solcherart ist es also durchaus klar, daß die *dialektisch-materialistische Erkenntnistheorie den Meßvorgängen und der Anwendung von Meßinstrumenten* eine überragende Bedeutung für die Erkennung und Umgestaltung der Welt und für die Umwandlung der »Dinge an sich« zu »Dingen für uns« beimißt. Aus diesem Grunde lehnen wir den erkenntnistheoretischen Rationalismus und das maßlose In-den-Vordergrund-Setzen der Axiomatik und der Deduktion ab, nicht ohne freilich sogleich hinzuzufügen, daß wir *auch die positivistische Verneinung der Notwendigkeit einer Axiomatik und Deduktion ablehnen*, jene Auffassung also, die der physikalischen Erkenntnis in Gestalt der empirischen Beschreibung instrumenteller Beobachtungen und Messungen sowie in der Aufstellung phänomenologischer Theorien angeblich nicht zu übertreffende Schranken setzen zu können vermeint.

K. NOVOBÁTZKY erinnert in seiner Studie »Die physikalische Erkenntnis« an die positivistische Stellungnahme DRUDES, der die Aufstellung der Keplerschen phänomenologischen Theorie von der Planetenbewegung als Spitzenleistung der Wissenschaft bezeichnete. Novobátzky unterstreicht, daß Newtons Dynamik turmhoch über Keplers Kinematik steht, weil Newton durch Einführung des Begriffes von den Massenanziehungskräften und durch Erschließung des Gravitationsgesetzes einen großen Schritt vom Phänomen zum Wesen getan hat. Die mechanische Deskription war damit weit umfassender geworden und ermöglichte die mathematische Ableitung der Keplerschen Gesetze. (K. NOVOBÁTZKY: Die Bahnbrecher der wissenschaftlichen Erkenntnis, Verlag der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, 1959, ungarisch, Seite 17.)

Die positivistische Auffassung übertreibt also die erkenntnistheoretische Rolle der Messung und ganz allgemein der unmittelbaren Wahrnehmbarkeit und erachtet nur die durch Messungen unmittelbar bestätigten Feststellungen als akzeptabel, während sie die Bedeutung der logischen Beweise weitgehend unterschätzt. Es muß zugegeben werden, daß wir uns in dieser Frage auch mit Physikern auseinandersetzen müssen, die sonst als unsere verlässlichen Verbündeten gegen den physikalischen Idealismus kämpfen. Ein derartiges, zwischen uns viel diskutiertes Problem bildet beispielsweise die Beweisbarkeit der räumlichen Unendlichkeit des Weltalls. Einzelne unserer Physiker erklären, die Hypothese vom endlichen, aber unbegrenzten Kosmos mit veränderlichem Radius sei gleichbedeutend mit dem Satz vom unendlichen Weltraum und erwarten die Entscheidung dieser Frage von einer genaueren Messung gewisser Größen mit Hilfe vollkommenerer astronomischer Hilfsmittel, als sie uns gegenwärtig zur Verfügung stehen. Unseres Erachtens handelt es sich hierbei um fiktive Größen, wie etwa um die mittlere Dichte des Kosmos und um die seit Beginn der Expansion des Weltalls verstrichene Zeit. Gelänge es nachzuweisen, daß z. B. die mittlere Dichte $5 \cdot 10^{-29} \text{ g/cm}^3$ beträgt, und daß seit Beginn der Expansion rund $6 \cdot 10^9$ Jahre verflossen sind, dann würden sie die räumliche Unendlichkeit des Kosmos anerkennen, denn in der durch phänomenologische Berechnungen gewonnenen Formel hätte dann der Nenner des Radius den Wert Null. Unserer Auffassung nach läßt sich die räumliche Unendlichkeit des Weltalls durch Messungen nicht beweisen, wohl aber nach den Methoden des indirekten logischen Beweises, d. h. durch konkrete Widerlegung jener Theorien, die die Endlichkeit des Kosmos behaupten, mit anderen Worten also durch ein Fortschreiten über die Phänomenologie hinaus.

Positivistische Deutung der Quantentheorie

Für die positivistischen Anschauungen, die die Möglichkeit einer über die Phänomenologie hinausgehenden physikalischen Erkenntnis leugnen, bildet heute die Quantentheorie die stärkste erkenntnistheoretische Basis. In diesem

Zusammenhang ist eine eigenartige Verknüpfung zwischen dem die Wahrnehmbarkeit als unerlässlich bezeichnenden Empirismus und dem mit der Kompliziertheit des mathematischen Apparates argumentierenden Rationalismus zustande gekommen. Die Forderung der Wahrnehmbarkeit hatte Heisenberg Mitte der zwanziger Jahre grundsätzlich noch richtig formuliert, indem er erklärte, die phänomenologische Beschreibung des Dualismus von Welle und Korpuskel oder des Widerspruchs zwischen Quantiertheit und Kontinuität und der hierzu erforderliche mathematische Formalismus dürften nur zur Beschreibung tatsächlich wahrnehmbarer Erscheinungen benützt werden; seither hat jedoch dieses Postulat eine starke positivistische Verzerrung erlitten.

In der *Matrizenmechanik* fand HEISENBERG 1925 gemeinsam mit BORN und JORDAN den mathematischen Formalismus der Quantentheorie, u. zw. unter Benützung jener Analogien, die zwischen dem mathematischen Eigenwertproblem und der Quantiertheit der atomaren Vorgänge zweifellos bestehen. Nicht viel später, im Frühjahr 1926, machte SCHRÖDINGER den Versuch, von den Grundideen DE BROGLIES ausgehend, mit dem Apparat eines anderen mathematischen Formalismus, dem der *Wellenmechanik*, eine Lösung der Aufgabe zu finden, was ihm auch in Form der nach ihm benannten Wellengleichung gelang, die nun nicht mehr bloß die Quantiertheit, sondern auch den Dualismus von Welle und Korpuskel zu deuten gestattet. Die diskreten Eigenenergiewerte treten hier als Eigenfrequenzen von Wellen auf, womit eine im Vergleich zur Matrizenmechanik weit anschaulichere mathematische Beschreibung gegeben war.

Im Winter 1926/27 entwickelten Bohr und Heisenberg in Kopenhagen die »Kopenhagener Interpretation« der Quantentheorie, in der sie sich unter Benützung der Ergebnisse Schrödingers bemühten, eine empirische Darstellung der Theorie zu geben, und sich häufig der Methode des Gedanken-Experiments bedienten. In seiner Studie über »Die Entwicklung der Deutung der Quantentheorie« (Physikalische Blätter. 7/1956) schildert Heisenberg, daß sich zwischen Bohr und ihm eine Art Arbeitsteilung ausgebildet hatte, in der jener die neuen von der Wellenmechanik gefundenen anschaulichen Bilder in die Deutung der Theorie verarbeitete, während er selbst sich darum bemühte, die physikalische Deutung der Transformationsmatrizen zu erweitern und eine in sich geschlossene Interpretation aufzustellen, die allen möglichen Experimenten gerecht werden sollte.

Damals arbeitete Bohr das »Komplementaritätsprinzip« aus, während Heisenberg die nach ihm benannte »Unbestimmtheitsrelation« aufstellte.

Da sich die Wellen- und Teilcheneigenschaften ein und derselben Erscheinung gleichzeitig nicht beobachten lassen, existieren diese gegensätzlichen Eigenschaften — dem *Komplementaritätsprinzip gemäß* — bloß in einer einander ausschließenden Art und können auch *in Gedanken* nicht zu einer Einheit

zusammengefaßt werden. Will man den Ort bestimmen, dann beobachtet man eine korpuskulare Erscheinung, mißt man dagegen den Impuls, dann gewahrt man eine wellenartige Erscheinung.

Der *Unbestimmtheitsrelation* zufolge verfügt bekanntlich ein Korpuskel über einen um so unbestimmteren Impulswert, je genauer umgrenzt seine Ortslage ist, und umgekehrt: je genauer sein Impulswert ist, desto größer wird die Ortsunschärfe. HEISENBERG formuliert dies jedoch so, daß man Ort und Impuls eines Teilchens niemals gleichzeitig messen kann, und deutet es so, daß dies auf die unkontrollierbare Wechselwirkung des Elementarteilchens mit den Meßapparaten, d. h. auf eine grobe Störung des Prozesses zurückzuführen ist.

In seiner zuvor erwähnten, 1956 verfaßten Studie gibt Heisenberg zu, in der Kopenhagener Interpretation nicht bloß physikalische, sondern auch philosophische Aussagen gemacht zu haben, behauptet jedoch, letztere seien mit keiner der traditionellen philosophischen Richtungen identisch. Weder seien sie positivistisch, noch materialistisch oder idealistisch, vielmehr trügen sie von all diesen Richtungen bestimmte Elemente in sich.

In ihrem Buch »Mikrophysik« (Gondolat [Gedanken] Verlag, Budapest, 1959, ungarisch) widerlegen I. FÉNYES und M. NAGY diese Verschönerung klar und unmißverständlich und weisen nach, daß es sich hierbei in Wirklichkeit um Idealismus reinster Prägung handelt!

Die im Winter 1926/27 geschaffene »anschauliche« Kopenhagener Interpretation verletzt das von Heisenberg früher richtig festgelegte Programm, die Theorie dürfe nur zur Beschreibung tatsächlich wahrnehmbarer Erscheinungen benützt werden. So kompliziert der benützte mathematische Formalismus auch sein mag, so kann dieser Beschreibung ihrem Wesen nach der phänomenologische Charakter dennoch nicht abgesprochen werden. Das Komplementaritätsprinzip jedoch und die Heisenbergsche Deutung der Unbestimmtheitsrelation beschreibt nicht mehr die *Erscheinung* allein, sondern unternimmt den Versuch, das ihr zugrunde liegende *Wesen* zu erklären. Sie gelangt damit zu einer verzerrten Erläuterung, weil sie nicht den inneren Mechanismus der phänomenologisch beschriebenen Erscheinung erschließt, sondern auf der Ebene der Phänomenologie verharret, noch dazu nicht auf der Ebene der Sprache der exakten Mathematik sprechenden quantitativen Phänomenologie, sondern auf der Ebene der diese verwässernden, mit dem Anspruch auf Anschaulichkeit auftretenden, andererseits aber ungenau formulierten qualitativen Phänomenologie. Auf den Umstand, wie wenig fundiert die Kopenhagener Interpretation sowohl vom physikalischen als auch vom philosophischen Standpunkt aus erscheint, wenn sie die Abhängigkeit der mikrophysikalischen Erscheinungen vom beobachtenden Subjekt und die Unerkennbarkeit dieser Erscheinungen beteuert, will ich im weiteren Verlauf meiner Studie noch zurückgreifen.

Bereits hier drängt sich jedoch die Bemerkung auf, daß sich so ziemlich parallel mit der »anschaulichen« Interpretation der Quantentheorie auch eine abstrakte, streng mathematische entwickelt hat, jene gewisse quantitative Phänomenologie, die ich weiter oben bereits erwähnt habe, und die sich der Sprache der exakten Mathematik bedient. Von der Heisenberg—Born—Jordanschen Quantenmechanik hat sich erwiesen, daß sie mit der Schrödingerschen Wellenmechanik vereinbar ist. Ihre Systematisierung führte in seinem Werk »Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik« (Berlin 1932) NEUMANN durch.

Am deutlichsten tritt die positivistische Verzerrung vielleicht in PASCUAL JORDANS »Anschaulicher Quantentheorie« (Berlin 1936) zutage. Jordan bezeichnet das Bestreben, jenem geheimnisvollen Mechanismus nachzuforschen, der die in der Quantentheorie erschlossenen eigenartigen Resultate auslöst, als sinnlose Fragestellung. Der Unterschied zwischen den Gesetzen der klassischen und der Quantentheorie bedarf seines Erachtens keinerlei Erklärung, vielmehr sei dieser Unterschied als etwas »ursprünglich Gegebenes« aufzufassen. Jordan zufolge haben nur jene Aussagen einen Sinn, die sich *unmittelbar auf unsere sinnlichen Erlebnisse* beziehen, gleichviel, ob es sich um vergangene — oder künftige Erlebnisse handelt. Die Bestimmung wissenschaftlicher Begriffe und die Aufstellung von Theorien hält er bloß für erdachte, zur Registrierung und Systematisierung der Sinneserlebnisse geeignete Hilfskonstruktionen, denen keine andere Rolle zufällt, als etwa den Längen- und Breitengraden. All dies fixiert er *eingeständenermaßen als positivistische Deutung*. (Ebenda, S. 275/77.) Im weiteren erklärt er es auch für sinnlos, die Frage aufzuwerfen, ob eine reale Außenwelt existiert oder nicht, indem er schreibt: »...nach positivistischer Auffassung ist zu sagen: es ist kein Experiment vorstellbar, durch welches Aussagen solcher Art beweisen oder widerlegen könnte; solche Aussagen sind also als sinnlos auszuschließen aus dem wissenschaftlichen System.« (Ebenda, S. 303.)

Dieser extreme Positivismus nahm in den erkenntnistheoretischen Anschauungen der Kopenhagener Schule — die Anschauungen Bohrs und Heisenbergs mit eingeschlossen —, lange Zeit eine beherrschende Stellung ein. Wirkungslos verhallten MAX PLANCKS mahnende Worte: Ihr eigenes Urteil falle jene Wissenschaft, die keine andere Realität anerkennt als die Erlebnisse der einzelnen Experimentatoren, und die es nicht wahrhaben will, daß diese Erlebnisse Kunde von einer unabhängig von ihnen existierenden realen Außenwelt geben. (PLANCK: Positivismus und reale Außenwelt, Leipzig, 1931.)

Eine äußerst aufschlußreiche Polemik führte hierüber Bohr als Vertreter der orthodoxen Erörterungsweise der Quantentheorie mit dem gegen ihn auftretenden Einstein. Die einander gegenüberstehenden Standpunkte der beiden namhaften Physiker in dieser Diskussion, die schon in den dreißiger Jahren begonnen hatte, brachte u. a. auch die schweizerische philosophische Zeitschrift »Dialectica« in ihrer Nummer 2/3 ex 1948.

Einstein führt hier aus, in der Ideenwelt der Physik halte er die Erfüllung folgender Forderungen für unerlässlich:

1. Die Begriffe der Physik hätten sich auf die vom beobachtenden Subjekt unabhängige reale Außenwelt zu beziehen.

2. Die Begriffe der Physik müssen die im Raum-Zeit-Kontinuum angeordnete Existenz beschreiben.

3. Jene Dinge, die zu einem bestimmten Zeitpunkt räumlich getrennt voneinander existieren, müssen zugleich auch voneinander *unabhängig* existieren, und dies müsse auch in den physikalischen Begriffen und Gesetzen zum Ausdruck gelangen.

4. Sind A und B derartige räumlich separierte und somit voneinander unabhängige Dinge, dann kann eine äußere Einwirkung auf A keinerlei *unmittelbaren* Einfluß auf B ausüben, weil es in der Natur nur Nahwirkungen gibt, die sich mit endlicher Geschwindigkeit fortpflanzen.

Nachdem er diese Forderungen als unabdingbare Grundsätze fixiert hat, stellt Einstein fest, die Quantentheorie in ihrer orthodoxen Deutung sei mit diesen Postulaten unvereinbar. Bezeichnen A und B je ein Elementarteilchen, so argumentiert Einstein, die miteinander früher in Wechselwirkung standen, während man nun einen Parameter von A, etwa seinen Impuls mißt, dann kommt dies einesteils einer Beeinflussung des Elementarteilchens A gleich und macht andernteils die gleichzeitige Messung der sogenannten komplementären Eigenschaft, in diesem Fall der Ortskoordinaten des Elementarteilchens A unmöglich, doch bedeutet es zugleich auch die Beeinflussung des Elementarteilchens B! Der Impuls des Teilchens B ergibt sich nämlich in diesem Fall mathematisch aus dem gemessenen Wert des Impulses von Teilchen A, doch erweisen sich die Ortskoordinaten des Elementarteilchens B gleichfalls als unmeßbar. Dies deutet Einstein in dem Sinne, daß der durch den Meßvorgang auf das Elementarteilchen A ausgeübte Einfluß den Aussagen der Quantenmechanik zufolge zugleich auch eine Störung des Elementarteilchens B bewirkt, wiewohl letzteres mit dem Meßapparat in keinerlei unmittelbaren Kontakt gekommen ist. Aus diesem Grunde bezeichnet Einstein die Quantenmechanik und ihren mathematischen Apparat als eine *»nicht-vollständige und mittelbare Beschreibung der Wirklichkeit«* und erhebt die Forderung, sie durch eine *»vollständige und unmittelbare«* Beschreibung zu ersetzen, die dann die oben aufgezählten Postulate erfüllen würde.

BOHR freilich lehnt diese Konzeption ab und betont, die Quantenmechanik sei vollständig und unmittelbar und gebe eine Beschreibung, die sich jedem Meßvorgang gut anpasse. Man könne jeden beliebigen komplementären Typus der zu untersuchenden Erscheinung frei wählen und habe damit auch jenen Apparatetypus gewählt, der den Zwecken der betreffenden Untersuchung entspricht.

D. I. BLOCHINZEW, der diese Diskussion in seinen »Grundlagen der Quantenmechanik« (Schulbuchverlag, Budapest, 1952, ungarisch) registriert, bemerkt hierzu, diese Antwort Bohrs sei nur zur Hälfte stichhaltig, denn nicht auf der beschränkten Leistungsfähigkeit der Meßinstrumente liege der Akzent, sondern auf den zu messenden Objekten, auf der komplizierten, dualen Natur der Elementarteilchen und auf ihrer Verschiedenheit von den klassischen Teilchen. Nicht die Wechselwirkung des Elementarteilchens A mit dem seinen Impuls messenden Apparat störe das Elementarteilchen B, und nicht diese mache die Messung seiner Ortskoordinaten unmöglich, sondern die Wechselwirkung zwischen den Elementarteilchen A und B vor dem Meßvorgang habe die in dieser Form in Erscheinung tretende Änderung im Zustande des Teilchens B hervorgerufen. (Ebenda, S. 551.)

Blochinzew verweist an dieser Stelle auch darauf, Einstein trete zwar in seiner Kritik dem positivistischen Standpunkt entgegen, der die Ausschließlichkeit der »Erlebniswelt« des beobachtenden Subjektes und die unkontrollierbare Störwirkung der Apparatur betont, zugleich aber »schwenke er dennoch ein wenig in die Gasse des Positivismus ein« und glaube es den Positivisten stillschweigend, daß es die störende Wirkung der Meßgeräte sei, auf die die Unbestimmtheitsrelation zurückzuführen ist, und nicht die von den klassischen Teilchen objektiv verschiedene Natur der Elementarteilchen.

Dem allen läßt sich noch hinzufügen, Einsteins zitierte Postulate liefern einen neuerlichen Beweis dafür, daß er mit dem Positivismus vom erkenntnistheoretischen Standpunkt des objektiven Idealismus und keineswegs vom Standpunkt des Materialismus aus polemisierte — dort, wo er es tat. Es genügt nämlich keineswegs, das Begriffssystem und den mathematischen Formalismus der Physik auf die vom beobachtenden Subjekt losgelöste Außenwelt zu beziehen! Deutet man nämlich diese Beziehung so, daß zwischen Begriffssystem und Außenwelt eine »prästabilisierte Harmonie« bestehen muß, dann spricht man dieser Außenwelt einen geistigen Ursprung und ein geistiges Wesen zu. In seinen erwähnten Postulaten reklamiert Einstein diese Harmonie, die zwischen den physikalischen Begriffen von den Bewegungsvorgängen der Außenwelt und der *klassischen* Teilchen tatsächlich besteht — aber natürlich nicht als *im voraus* festgelegte und bestimmte Harmonie, sondern als *sekundäre* Erscheinung, die der theoretischen Verarbeitung der Erfahrung entstammt. Die Mikroteilchen jedoch lassen sich diese Harmonie nicht aufzwingen, denn ihr Verhalten unterscheidet sich von dem der klassischen Teilchen qualitativ. Die Quantentheorie wird nicht nach Einsteins Postulaten weiterentwickelt werden, ihre Entwicklung muß vielmehr jener Richtung folgen, die uns der ganze geschichtliche Werdegang der physikalischen Erkenntnis vorzeigt: Auf dem Weg, der von der Phänomenologie zur Erschließung des inneren Mechanismus der Erscheinungen führt, d. h. auf eben jenem Weg, dessen Gangbarkeit der Positivismus leugnet.

Die Kopenhagener Schule schien lange Zeit unzerreißbar dem Positivismus ergeben und vereinigte auch die Nicht-Physiker unter den Positivisten um sich.

B. FOGARASI zitiert in seiner mit »Materialismus und physikalischer Idealismus« betitelten Studie (Verlag der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, 1952, ungarisch) beispielsweise folgende Behauptung des Amerikaners Margenau: »Die Quantentheorie und die Unbestimmtheitsrelation setzen die Wirklichkeit als etwas voraus, das von der Beobachtung durch den Menschen abhängt.« (S. 21.) Doch auch Heisenberg selbst schreibt in seinem Werk »Das Naturbild der heutigen Physik« (Rowohlt Verlag, Hamburg, 1957) noch immer die analogen Behauptungen nieder:

»Wenn wir Gegenstände unserer täglichen Erfahrung beobachten, spielt ja der physikalische Prozeß, der die Beobachtung vermittelt, nur eine untergeordnete Rolle. Bei den kleinsten Bausteinen der Materie aber bewirkt jeder Beobachtungsvorgang eine grobe Störung; man kann gar nicht mehr vom Verhalten des Teilchens losgelöst vom Beobachtungsvorgang sprechen. Dies hat schließlich zur Folge, daß die Naturgesetze, die wir in der Quantentheorie mathematisch formulieren, nicht mehr von den Elementarteilchen an sich handeln, sondern von unserer Kenntnis der Elementarteilchen. Die Frage, ob diese Teilchen »an sich« in Raum und Zeit existieren, kann in dieser Form also nicht mehr gestellt werden, da wir stets nur über die Vorgänge sprechen können, die sich abspielen, wenn durch die Wechselwirkung des Elementarteilchens mit irgendwelchen anderen physikalischen Systemen, z. B. den Meßapparaten, das Verhalten des Teilchens erschlossen werden soll.« (S. 12.)

In seinen kritischen Bemerkungen zu diesen Ansichten hält Fogarasi richtig fest, Heisenberg und die Vertreter ähnlicher Anschauungen identifizierten das Meßgerät mit dem Bewußtsein und *identifizierten die Erkenntnis im allgemeinen mit dem Messen*. (Materialismus und physikalischer Idealismus, S. 25.) Dieser Konzeption zufolge bietet der mathematische Apparat der Quantentheorie — wie wir gesehen haben —, keine Abbildung irgend etwas Existierenden, stelle vielmehr bloß eine subjektive *Verstandeskonstruktion* dar, die der Einordnung bestimmter Meßerfahrungen dient.

Zu bemerken ist hier allerdings, daß sich die Kopenhagener Schule in den letzten Jahren von so extremen Vertretern des Positivismus, wie etwa Jordan, bereits zu distanzieren trachtet. Vor der im Oktober 1958 in Moskau stattgefundenen Konferenz berichtete W. A. Fok darüber, Bohr hätte ihm mitgeteilt, er verzichte auf den Ausdruck »unkontrollierbare Wechselwirkung« und anerkenne den objektiven Charakter der Mikroteilchen.

Das gleiche Bestreben gelangt z. B. auch in Heisenbergs Vortrag zur Geltung, den er am 25. April 1958 anlässlich der 100. Wiederkehr von Plancks Geburtstag unter dem Titel »Die Plancksche Entdeckung und die philosophischen Grundfragen der Atomlehre« in Berlin hielt. Den gekürzten Text dieses

Vortrages und die in den »Woprosi Filosofii« erschienene Entgegnung Kusnecows brachte die Zeitschrift »Valóság« in ihrem Heft 2/1959 in ungarischer Sprache heraus. Zwar sprach damals Heisenberg mit einer gewissen Nostalgie von Mach und erklärte, seine (Machs) Ideen hätten die Entwicklung der Physik immer wieder von neuem befruchtet, doch schreibt er schließlich dennoch die Worte nieder:

»Insbesondere betrachtet die Quantentheorie in ihrer heute allgemein angenommenen Deutung keineswegs die Sinneseindrücke als das primär Gegebene, wie es der Positivismus tut. Wenn etwas als primär gegeben bezeichnet werden soll, so ist das in der Quantentheorie die Realität, die mit den Begriffen der klassischen Physik beschrieben werden kann.« (W. HEISENBERG: Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaften, Stuttgart 1959, S. 171.)

Leider deckt sich aber bei Heisenberg die »Realität« nicht mit dem Materiebegriff des Materialismus. Sein Abrücken vom subjektiven Idealismus (zumindest in Worten) bedeutet eine Annäherung nicht an den Materialismus, sondern an den objektiven Idealismus. Während Einstein sein Musterbild in Leibniz fand, propagiert Heisenberg geradewegs ein Zurückgreifen auf Platon. So behauptet er, die phänomenologische Quantentheorie mit ihren Meßergebnissen und mit ihrem abstrakten mathematischen Formalismus müsse die Existenz einer Art platonischer Idee, einer vom menschlichen Bewußtsein unabhängig existenten »einfachen und durchsichtigen mathematischen Struktur« nachweisen, denn diese mathematische Struktur bedeute das innerste, primäre Wesen, den »Demiurgen« der Atome und der Elementarteilchen. »All jene Zusammenhänge«, erklärt Heisenberg, »die wir sonst als Naturgesetze in den verschiedenen Bereichen der Physik kennen, sollten sich aus dieser einen Struktur ableiten lassen.« (Ebenda, S. 180.)

In seiner erwähnten Entgegnung hebt KUZNEZOW hervor, Heisenberg präsentiere sich uns in seiner in diesem Vortrag geschilderten wissenschaftlichen Tätigkeit, die eine neue einheitliche Theorie der Elementarteilchen zu begründen trachtet, nicht als der in Worten Platon verschriebene idealistische Philosoph, sondern als der — wenn auch unbewußt — auf materialistischer erkenntnistheoretischer Grundlage stehende Naturwissenschaftler. Den Weg, der zur Aufstellung seiner neuen Gleichung der Materie führte, beschreibt Heisenberg beispielsweise wie folgt:

»Das Erfahrungsmaterial über die Elementarteilchen, das in den vergangenen zwei Jahrzehnten gesammelt worden ist, gibt über die Symmetrieeigenschaften in den Grundgleichungen der Materie dort, wenn auch etwas indirekt, Auskunft, wo es uns die sogenannten 'Auswahlregeln und Erhaltungssätze' liefert. Damit ist folgendes gemeint: Wenn wir aus der Erfahrung wissen, welche Teilchen etwa sich in welche anderen radioaktiv umwandeln können, so kann man daraus Rückschlüsse über die Symmetrieeigenschaften der Teilchen und der ihnen zugrunde liegenden Gesetze ziehen. Bei dem Versuch,

das vorhin genannte, in Göttingen entwickelte mathematische Modell einer Theorie der Materie so umzugestalten, daß es den beobachteten Auswahlregeln Rechnung trägt, waren wir auf eine Gleichung gestossen, von der Pauli zeigen konnte, daß sie auch die von Pauli gefundenen Symmetrieeigenschaften enthält.« (Ebenda, S. 178/179.)

»Damit« setzt Heisenberg fort, »konnte man eine Gleichung angeben, die — um es vorsichtig auszudrücken —, zum mindesten im ersten Augenblick so aussieht, als könnte sie alle uns bekannten Eigenschaften der Elementarteilchen darstellen, als könnte sie schon die richtige Gleichung der Materie sein.« (Ebenda, S. 179.)

Die Entwicklung der Wissenschaft bestätigt mithin auch im Falle der Quantentheorie von neuem die Feststellung Lenins, daß *die Naturwissenschaft mit objektiver Notwendigkeit den dialektischen Materialismus gebiert*, und dies selbst dann, wenn einzelne Hebammen nicht genau festzustellen vermögen oder sich festzustellen getrauen, was von der zur Welt gekommenen Ausgeburt in die Wiege und was in die Kehrrechtgrube gehört. Kein Zweifel, daß Heisenbergs *Platonismus* in die gleiche Kehrrechtgrube versenkt werden wird, an deren Rand er seinen früheren Machismus bereits niedergelegt hat, wenngleich er noch mit sich ringt, ob er ihn hinabstossen soll oder nicht.

Die Fortentwicklung der Quantentheorie ist also unzweifelhaft in das Stadium der Überholung der Phänomenologie sowie des Ausbaues der Axiomatik und der Deduktion getreten. Kein Zweifel kann auch darüber bestehen, daß diese Entwicklungslinie mit der bisherigen positivistischen Überschätzung der erkenntnistheoretischen Rolle des Messens brechen, die den inneren Mechanismus der Erscheinungen erschließende logische Verarbeitung an den ihr gebührenden Platz stellen und in der physikalischen Erkenntnis neue große Erfolge einleiten wird. Ebensowenig kann es freilich einem Zweifel unterliegen, daß die Forscher auf diesem Wege gewaltige Schwierigkeiten überwinden müssen, wozu es unausweichlich der von Lenin geforderten stets engeren Verbindung zwischen Naturwissenschaftlern und Philosophen bedarf.

Dr. T. ELEK, Budapest, XI. Múegyetem rakp. 3. Ungarn.