VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften Berlin 1968, 2. Auflage

VORWORT ZUR DIGITALISIERTEN AUSGABE, FEBRUAR 2013

Werner Karl Heisenberg (1901-1976) ist einer der bedeutendsten Physiker des 20. Jahrhunderts. Er war an der Begründung der Quantenmechanik beteiligt und erhielt dafür 1932 den Nobelpreis für Physik. Die Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation von 1927, nach denen zwei Messgrößen von Teilchen, wie Ort und Impuls, nicht gleichzeitig genau gemessen werden können, führte zu einer umfangreichen philosophischen Debatte über prinzipielle philosophische Positionen. Durch den messenden Beobachter würde die Wirklichkeit so verändert, dass nun die objektive Realität nicht mehr genau erfassbar sei. Der Materialismus sei deshalb durch die moderne Physik widerlegt. Manche sahen mit dem Materialismus auch seine dialektische Ausformung als gescheitert an. Der Determinismus sei durch den Indeterminismus zu ersetzen. Tatsächlich konnte der mechanische Determinismus mit seiner Gleichsetzung von Kausalität und gesetzmäßigem Ablauf des Geschehens, aus der sich dessen Vorausbestimmtheit und Voraussagbarkeit ergab, nicht aufrecht erhalten werden. Das war nicht neu. Kritische Stimmen gab es dazu schon früher. Sie betonten die Existenz objektiver Zufälle. (Hörz 1980) Doch nun war mit der Quantenmechanik eine physikalische Theorie begründet worden, die den klassischen Determinismus als überholt auswies. Es war ja die klassische Physik, die entscheidend für die Auffassung vom Laplaceschen Dämon war. Als Ausdruck des mechanischen Determinismus sollte er, bei Kenntnis der entsprechenden Daten, exakte Voraussagen über die Bewegung von Teilchen machen können. Bedenkt man dazu, dass nach dem mechanischen Materialismus alles, auch die kompliziertesten lebenden Systeme aus Teilchen bestanden, dann waren die Welt und der Mensch berechenbare Gebilde. Nun erwiesen sich jedoch die Elementarobjekte als eine Einheit von Wellen und Korpuskeln. Ihre Messgrößen konnten nicht gleichzeitig eindeutig bestimmt werden. (Hörz 1962) Der Laplacesche Dämon erwies sich als überholt.

Heisenberg war für viele philosophisch Interessierte der Kronzeuge für das Scheitern von Materialismus und Determinismus. So einfach war jedoch die philosophische Situation nicht. Die moderne Physik zeigte die objektive Dialektik im Verhalten elementarer Objekte. Das war genau zu analysieren. Dem waren meine Arbeiten „Der dialektische Determinismus in Natur und Gesellschaft“ (1962) und „Atome, Kausalität, Quantensprünge“ (1964) gewidmet. Der mechanische Materialismus war überholt, obwohl viele Denker noch an ihm hingen. Der klassische war durch den dialektischen Determinismus abzulösen, obwohl objektive Zufälle manchen Entscheidern suspekt waren. Der 1966 bevorstehende 65. Geburtstag von Werner Heisenberg bot mir die Gelegenheit, die für einen Wissenschaftsphilosophen interessanten Beziehungen von Physik und Philosophie, doch auch von Wissenschaft und Politik, konkret im persönlichen Werden und Wirken unter konkret-historischen Umständen zu analysieren.

Zur Vorgeschichte des Buchs

Studierende der Philosophie und Physik befassten sich mit den von der Quantenmechanik in die öffentliche Debatte eingeführten philosophischen Problemen. Damit war ich konfrontiert. Seit 1960 hielt ich Vorlesungen an der HUB zu Grundproblemen der Philosophie. 1962 wurde ich zum Hochschuldozenten für philosophische Probleme der Naturwissenschaften berufen und trug meine Forschungsergebnisse in Lehrveranstaltungen vor. Für 1964/65 hatte ich einen Studienaufenthalt an der Moskauer Lomonossow-Universität beantragt, der, trotz mancher Widerstände, genehmigt wurde. Ich studierte dort die in Bibliotheken erhältlichen Referate für die Grade eines Kandidaten oder Doktors der physikalischen Wissenschaften und erfuhr Interessantes über die Resultate physikalischer Forschungen, die am Kernforschungsinstitut in Dubna betrieben wurden. In vielen Diskussionen und persönlichen Gesprächen ging es um aktuelle philosophische Auseinandersetzungen, da auch in der Sowjetunion verschiedene

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Physiker-Schulen existierten, die differierende Auffassungen zur Kopenhagener Deutung der Quantentheorie hatten, deren herausragender Vertreter auch Werner Heisenberg war. Vor allem mit meinem burjätischen Freund Artschil Jakimowitsch Iljin, der selbst philosophische Probleme der Biologie bearbeitete, doch ein hervorragender Kenner der philosophischen Debatten mit Naturwissenschaftlern in dem großen Land war, sprach ich oft über die für uns als erforderlich angesehene Überwindung dogmatischer Haltungen zu neuen Erkenntnissen der Naturwissenschaften. Ich fasste den Entschluss, den 65. Geburtstag von Heisenberg zum Anlass zu nehmen, um mich mit seiner philosophischen Haltung auseinanderzusetzen. Das erschien mir als eine gute Möglichkeit, mich mit einseitigen Auffassungen argumentativ auseinanderzusetzen. Dabei ging es sowohl gegen idealistische und mechanisch-materialistische Interpretationen der Physik, als auch gegen die Haltung, allein der dialektische Materialismus befördere die Erkenntnis. Mit der Ablehnung der Relativitätstheorie, der Kopenhagener Deutung der Quantenmechanik, der Genetik, der Mesomerie-Theorie aus philosophischen Gründen war der dialektische Materialismus in Verruf geraten. Ich selbst hatte schlechte Erfahrungen machen müssen. Meine Dissertation über die philosophische Bedeutung der Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelation durfte wegen eines negativen Gutachtens nicht publiziert werden. Das Argument des Gutachters war, es seien zu viele Zitate von Naturwissenschaftlern und zu wenig von den Klassikern des Marxismus-Leninismus enthalten. Auch mein Buch „Atome, Kausalität, Quantensprünge“ konnte erst veröffentlicht werden, nachdem ich die Einwände eines Gutachters aus der gleichen Einrichtung, aus der der vorherige Kontrahent kam, ich hätte seinen Lehrer, einen sowjetischen Philosophen, zu kritisch behandelt, soweit es mir möglich war, berücksichtigte. Meiner Absicht, die marxistische Philosophie aus dogmatischer Enge zu führen, indem sie wichtige Impulse aus der Entwicklung der Wissenschaften, damals vor allem aus der Physik, aufnahm und verarbeitete, tat das keinen Abbruch. Offensichtlich gab es auch andere Kräfte, die mich in meinem Anliegen unterstützten, sonst wäre ich nicht 1965 in relativ jungem Alter für die Verhältnisse in der DDR zum Professor für philosophische Probleme der Naturwissenschaften an der HUB berufen worden. Ich konzipierte in Moskau mein Buchprojekt zu Heisenberg, sammelte weiter Material und schrieb erste Abschnitte. Ich war überzeugt, dass der Verlag der Wissenschaften das Buch publizieren würde. Als Dozent auf diesem Gebiet und stellvertretender Lehrstuhlleiter fragte ich niemand nach der Genehmigung für dieses Vorhaben. Auch später drängte ich darauf, nur solche Projekte in den Zentralen Forschungsplan aufzunehmen, die fast fertig waren. Das war nicht leicht, wie meine Erfahrungen in der DDR als Vorsitzender des Problemrats „Philosophie-Wissenschaften“ zeigen. (Hörz, Laitko 2012, S. 159-210)

Vorarbeiten für mein Heisenberg-Buch gab es viele. Philosophische Aspekte der physikalischen Arbeiten von Werner Heisenberg beschäftigten mich schon seit meinem Studium der Philosophie und Physik von 1952-1956 an der FSU Jena und der HU Berlin. Nach der erfolgten Zulassung zum Physikstudium nach meiner Bewerbung entschied ich mich, nach einer Werbekampagne von Philosophiestudenten an unserer Schule, für dieses Doppelstudium. Es kam meinen Interessen für Physik und Philosophie entgegen. Ich spezialisierte mich weiter in dieser Richtung. Meine Dissertation von 1959 hatte deshalb, von mir so gewählt und dann vom Betreuer bestätigt, das Thema „Die philosophische Bedeutung der Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelation“, wobei das Rigorosum an der HUB in Philosophie und Physik abgelegt wurde. Einige Ergebnisse der Arbeit publizierte ich (Hörz 1960), was zu interessanten Anfragen nicht nur aus der DDR, sondern auch aus dem östlichen und westlichen Ausland führte. In der 1962 verteidigten Habilitationsschrift setzte ich die philosophische Analyse physikalischer Erkenntnisse fort, indem ich mich mit dem Verhältnis von Philosophie und Quantenmechanik auseinandersetzte. Der für die venia legendi erforderliche Vortrag vor der Philosophischen Fakultät der HUB befasste sich, aus drei eingereichten Themen wurde eines von der

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Fakultät ausgewählt, mit dem Verhältnis von physikalischer und philosophischer Raumauffassung.

Mir wurde schnell in vielen ideologisch ausgerichteten Diskussionen klar, dass es falsch ist, philosophische Äußerungen hervorragender Naturwissenschaftler mit denen von Philosophen gleichzusetzen. Jene warfen philosophische Fragen auf und suchten darauf Antwort, diese hatten meist ein fertiges System von Antworten, in das sie deren Ausführungen zustimmend oder ablehnende einordneten, Das war mir zu einfach. (Hörz 1956/57) So hatte ich Probleme mit dem damals in der marxistischen Literatur verbreiteten Etikett vom „physikalischen Idealismus“, das auch Heisenberg aufgeklebt wurde. Ich war mir schon über die ideologische Rechtfertigungsfunktion von Philosophie klar und verurteilte Angriffe auf die marxistische Philosophie, ihren dialektischen Materialismus und den wissenschaftlichen Sozialismus, wie auch aus der Einleitung zum 1966 in erster Auflage erschienenen Buch deutlich wird. Doch zugleich hielt ich es für wichtig, die durch naturwissenschaftliche Erkenntnisse für die Philosophie generell, nicht nur für die marxistische, neu aufgeworfenen philosophischen, speziell auch erkenntnistheoretischen, Probleme aufzugreifen und sie aus meiner Sicht auf dialektisch-materialistischer Grundlage einer Lösung zuzuführen. (Hörz 1963a)

Beispielweise verstand ich die Berufung von Werner Heisenberg auf die Ideenwelt des griechischen Philosophen Platon (428-348 v. u. Ztr.) nicht als einen Ausdruck idealistischer Haltungen, sondern als Rechtfertigung für mathematische Konstruktionen.

Schon mein philosophischer Lehrer Georg Klaus (1912-1974) verwies auf das relative Apriori mathematischer Axiome. (Hörz 2012) Einmal begründet vorgegeben, sind sie für die weiteren mathematischen Konstruktionen Denkvoraussetzungen. Mathematik als Wissenschaft von den formalisierbaren Strukturen ideeller Systeme ist effektiv in den Wissenschaften einsetzbar. Ausgehend von früheren Arbeiten haben wir vor einigen Jahren dieses Problem wieder aufgegriffen und mit der Konzeption eines Rationalen Potenzialismus eine Lösung vorgeschlagen. (Hörz, Schimming 2009)

Wichtig war für mich in der Vorbereitung des Heisenberg-Buchs die mit dem Übergang vom Differenzenquotienten zum Differentialquotienten mathematisch erfassbare dialektische Einheit von Kontinuität und Diskontinuität der Bewegung von Objekten. Damit war eine Lösung der mit den Aporien von Zenon von Elea (etwa 490-430 v. u. Ztr.) verbundenen Problematik möglich. Fasste man einseitig die Bewegung als eine Summe von Ruhepunkten, dann ruhte der fliegende Pfeil tatsächlich, wie Zenon begründete. Er argumentierte, der Pfeil müsse, um eine Strecke zurückzulegen, erst die Hälfte durchqueren, davor dessen Hälfte usw. bis ins Unendliche. Der Pfeil käme also gar nicht vorwärts, sondern ruhe. Begreift man die Bewegung als Einheit von diskontinuierlichen Ortspunkten und kontinuierlichen Übergängen zwischen ihnen, dann hebt sich die Aporie auf. Ich fand nun in den Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen die Bestätigung für die dialektische Bewegungsauffassung. (Hörz 1963b) Man konnte den Wellen-Korpuskel-Dualismus einheitlicher Elementarobjekte als dialektische Beziehung von Möglichkeit (Wellen-Eigenschaft) als kontinuierlichem Bewegungsverhalten und Wirklichkeit (Korpuskel-Eigenschaft) als das Auftreffen auf einen Ort interpretieren und damit Doppeltspaltexperimente philosophisch erfassen. Heisenbergs Begriff des „Faktischen“ wurde aus seiner Einordnung in die Beziehung von messendem Experimentator und verändertem objektiven Verhalten herausgeholt und in die objektive Wechselwirkung eingeordnet. (Hörz 1964) Diese philosophischen Erklärungen nutzte damals ein Physik-Dozent, wie er mir mitteilte, wenn er die Quantenmechanik in seinen Vorlesungen behandelte. Philosophisch beschäftigte mich nicht nur die Bewegungsauffassung, sondern vor allem die mit der Aufstellung der Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelation im 20. Jahrhundert umfangreich geführte philosophische Debatte um den Determinismus. Ich entwickelte dazu die statistische Gesetzeskonzeption im dialektischen Determinismus. (vgl. Vorwort zur digitalisierten Ausgabe des

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Buches „Zufall. Eine philosophische Untersuchung.“) Erkenntnistheoretische Fragen waren, wie das Kapitel V zeigt, das Verhältnis von Sprache und Denken, wobei es um die Langlebigkeit philosophischer Begriffe ging. Ich formulierte dazu eine Unbestimmtheitsrelation zwischen Inhalt und Umfang der Begriffe.

Doch es ging ja nicht nur um das Verhältnis von Philosophie und Physik im Leben und Wirken von Heisenberg. Ein weiterer Schwerpunkt des Buches sollten die in Kapitel VI behandelten Beziehungen von Weltanschauung und Politik sein. Heisenberg wirkte in der Nazi-Zeit, war an der Atomforschung führend beteiligt, kam dann in die BRD und beriet auch die Politik bei der weiteren Forschung. Durch den Abwurf der Atombomben auf wehrlose japanische Städte mit vielen zivilen Opfern und Langzeitschäden durch Verstrahlung war auch für deutsche Atomforscher die Frage nach dem Verhältnis von Wissen und Gewissen, nach der Verantwortung der Forschenden gegenüber der Gesellschaft zu beantworten. Dazu bezog ich ebenfalls Stellung.

Intensiv beschäftigte ich mich mit der Rolle Heisenbergs bei der Uranforschung und der mit dem Abwurf der Atombomben auf Hiroshima und Nagasaki, einem gravierenden Sündenfall bei der Verwertung wissenschaftlicher Erkenntnisse, umfangreich diskutierten Problem der Verantwortung von Forschenden für die Be- und Verwertung ihrer Erkenntnisse. Ich nutzte dabei die inzwischen erschienene umfangreiche Literatur, vor allem auch in russischer Übersetzung, da sie leichter für mich zugänglich war und den Vorteil hatte, in Vorworten von sowjetischen Experten zusätzliche Informationen zu bieten. Das galt auch für das interessante Buch von General Leslie Richard Groves (1896-1970), das ich bei meinen Studienaufenthalt in Moskau erwarb. (Groves 1964) Er war militärischer Leiter des Manhattan-Projekts zum Bau der Atombombe. Er zitierte schon aus den später vollständig veröffentlichten Protokollen von den Gesprächen der internierten Atomphysiker, darunter Heisenberg, in Farmer Hall. Es war die Entwicklung von Heisenberg vom wissenschaftlichen Diener für Kriegszwecke bis zur Unterzeichnung des Göttinger Appells führender Atomforscher 1957, in dem vor einer Atombewaffnung gewarnt wurde.

Rechtzeitig zum 65. Geburtstag erschien das Buch und war kurz darauf vergriffen. Der Verlag bereitete die 2. Auflage vor. Doch wie reagierte der Held des Buches zur Darstellung seiner philosophischen Auffassungen? Darüber gibt der Briefwechsel Auskunft.

Anmerkungen zum Briefwechsel mit Werner Heisenberg

Im Vorwort zur 2. Auflage ist die positive Stellungnahme von Heisenberg zum Buch abgedruckt. Als ich Heisenberg im Brief vom 6.4.1967 um die Erlaubnis bat, im Vorwort zur vorgesehenen 2. Auflage aus seinem Brief zitieren zu dürfen, schrieb er am 11.4. zurück: „Bevor ich auf die Frage Ihres Briefes eine Antwort gebe, möchte ich Sie bitten, mir genauer die Stellen in meinem Brief zu bezeichnen, die Sie im Vorwort zur 2. Auflage Ihres Buches abdrucken möchten. Es besteht ja, wenn man aus einem längeren Text einige Sätze herausnimmt, immer die Gefahr, daß diese Ausschnitte einen anderen Eindruck vermitteln als der volle Text. Daher wäre ich dankbar, vorher die von Ihnen gewünschten Textstellen zu kennen.“

Ich drückte im Brief vom 24.4. mein Verständnis für die Sorge aus und bestätigte, dass die Gefahr eines falschen Eindrucks durch Sätze, die aus dem Zusammenhang gerissen sind, immer besteht. (Erfahrungen damit hatte ich selbst schon gesammelt). Ich versprach, das fertige Vorwort zu senden, sobald ich es geschrieben hatte. Nachdem ich es ihm, wie im Brief zugesichert, im Mai zugeschickt hatte, erhielt ich am 22. Mai die Zustimmung mit folgenden Zeilen: „Mit dem Zitat aus meinem Brief, das Sie im Vorwort zur 2. Auflage bringen wollen, bin ich durchaus einverstanden. Es freut mich, daß Ihr Buch Erfolg hat und damit zu weiterem Nachdenken über das Grenzgebiet zwischen Physik und Philosophie anregt.“

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Am 3.12. bedankte er sich für die 2. Auflage, die ich ihm geschickt hatte und schrieb: „Wenn Sie den Entwurf eines neuen Abschnittes geschrieben haben, dessen Inhalt mit meinem Goethe-Vortrag in Weimar zusammenhängt, würde ich mich auch dafür interessieren.“ Am 21. Mai 1967 hatte Heisenberg einen Vortrag in Weimar vor der Goethe-Gesellschaft zum Thema „Das Naturbild Goethes und die technisch-naturwissenschaftliche Welt“ gehalten. Heisenberg fragte darin, ob Goethe die Erkenntnisleistung der naturwissenschaftlichen Methode, von Experiment und Mathematik, nicht erkannt habe. Seine Antwort war, dass Goethe diesen abstrakten Weg zum einheitlichen Verständnis nicht beschreiten wollte, weil er ihm zu gefährlich schien.

Das genannte Problem beschäftigte mich in verschiedener Hinsicht. Es ging Heisenberg u. a um das Verhältnis von Richtigkeit und Wahrheit bei der mathematischen Modellierung wirklicher Prozesse. Im Abschnitt „Philosophie und Mathematik“ im Buch „Marxistische Philosophie und Naturwissenschaften“ ging ich, mit dem Hinweis auf die Argumentation von Heisenberg zur Auseinandersetzung Goethes mit Newton, auf die Problematik ein. (Hörz 1976, S. 281 f.) Mit der Auffassung von Georg Klaus zu Evidenz, Wahrheit und Richtigkeit habe ich mich ebenfalls auseinandergesetzt und damit die Problematik weiter verfolgt. (Hörz 2012)

Das von Heisenberg thematisierte Verhältnis von Wissenschaft und Kunst beschäftigte mich stark im Zusammenhang mit meinen Helmholtz-Studien. Hermann von Helmholtz hatte sich intensiv mit Goethes Ausführungen zur Farbenlehre in Auseinandersetzung mit der Physik von Newton befasst und auf die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der rationalen und ästhetischen Erkenntnis und Darstellung verwiesen. (Hörz 1997, S, 231 f.) Meine prinzipielle Haltung dazu ist: Wissenschaft ist rationale Aneignung der Wirklichkeit und orientiert sich auf deren theoretisch-abstrakte Erklärung in begrifflicher Form, mathematische und andre Modelle eingeschlossen. Kunst als ästhetische Aneignung der Wirklichkeit veranschaulicht Wirkliches und Erdachtes, arbeitet mit Symbolen. Sie erregt Emotionen und löst Motivationen aus. (Hörz 2008)

Aus dem im Vorwort zur 2. Auflage zitierten Brief von Heisenberg an mich habe ich bewusst einen Satz ausgelassen, der von der Bescheidenheit eines hervorragenden Wissenschaftlers zeugt, wenn er sich über ein anderes Fachgebiet äußert. Er lautet: „Im ganzen bin ich mir ja durchaus bewusst, dass ich nur ein Dilettant in der Philosophie bin; ich habe viel zu wenig gelesen, um mit voller Verantwortung über die schwierigen Probleme sprechen zu können.“ Mir scheint das doch untertrieben zu sein. Mit vielen wichtigen Überlegungen hat Heisenberg m. E. die Philosophie bereichert. (Hörz 1982, 1984) Manchmal staune ich heute über die geringe Souveränität angeblich pluralistisch eingestellter Menschen gegenüber der marxistischen Philosophie. Heisenberg hatte, wie viele andere in der Wissenschaft Tätigen, mit denen ich Gespräche führen konnte, keine Berührungsängste mit einem Vertreter des dialektischen Materialismus. Ich denke etwa an Thomas S. Kuhn, mit dem ich am MIT sprach, an den Wissenschaftshistoriker Erwin Hiebert, der mich nach Hause einlud, an Robert Cohen, den ich in Boston besuchte und an meinen Freund Paul Feyerabend. Im fruchtbaren Diskurs mit ihnen und anderen waren keine weltanschaulichen Haltungen, sondern begründete Argumente entscheidend. (Hörz 2005)

Heisenberg war überzeugt, die mathematische Ordnung der Elementarteilchen mit einer Grundgleichung erfassen zu können, die er aufgestellt hatte. Man vermarktete 1958 in der Presse dieses Herangehen sogar als Entdeckung der Weltformel. So meldete ADN am 27.2.1958, daß es zum ersten Mal gelungen sei, „Vorschläge für die mathematische Formulierung der Naturgesetze zu machen, die die Struktur der kleinsten Teilchen und damit der Materie selbst bestimmen.“ (Berliner Zeitung vom 1.3.1958) Der Gedanke dabei war: Da Elementarteilchen die Grundlage aller Prozesse sind, könnte eine allgemeine Theorie der

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Elementarteilchen eine Welttheorie sein. Das war schon deshalb problematisch, weil alle Struktur- und Entwicklungsniveaus der Wirklichkeit ihre eigenen Systemgesetze haben. Sie können jedoch durch gemeinsame allgemeine mathematische Strukturen ausgezeichnet sein. Dann verschiebt sich das Problem der Systemspezifik auf die Transformation allgemeiner Symbole zu beobachtbaren Größen und auf die Existenz- und Wirkungsbedingungen der allgemeinen Gesetze. Über die philosophischen Probleme der Transformation der in der mathematisierten Theorie aufgestellten Funktionen in beobachtbare und messbare Größen wurde schon zu Zeiten Heisenbergs umfangreich gestritten. Es geht dabei sowohl um die mathematische Ordnung der Welt (Hörz 1994, 1998), als auch um das Verhältnis von Theorie und Experiment (Hörz 1993). Mit dem umfassenderen philosophischen Problem der in der wissenschaftlichen Forschung erforderlichen Vereinfachungen, der Beziehung von philosophischem Reduktionismus und wissenschaftlich berechtigten Reduktionen, befasst sich der Arbeitskreis „Prinzip Einfachheit“ der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften. So kann auch die Reduktion des Besonderen auf das Allgemeine, die Vereinfachung wirklicher Prozesse in mathematischen Modellen zu philosophischem Reduktionismus verkommen. (Sommerfeld, Hörz, Krause 2010)

Heisenberg arbeitete, auch nach der Kritik an der „Weltformel“, weiter an seiner einheitlichen Feldtheorie. Im Brief vom 29.08.1966 an mich schrieb er dazu: „Vielleicht interessiert es Sie, dass ich jetzt gerade ein Buch abgeschlossen habe, das in den nächsten Monaten unter dem Titel ‚Einführung in die einheitliche Feldtheorie der Elementarteilchen‘ erscheinen wird (in deutscher Sprache bei Hirzel, in englischer Sprache bei Wiley). Die hier in München entwikkelte Theorie hat sich in den letzten Jahren soweit vervollkommnet, dass mir die Darstellung in einem Buch möglich erschien, und ich hoffe, dass die Grundgedanken dieser Theorie damit auch einem weiteren Kreis von jüngeren Physikern zugänglich werden.“ Ich erhielt dann das Buch mit einer handschriftlichen Widmung. (Heisenberg 1967)

Am 4.1.1972 schrieb Werner Heisenberg: „Haben Sie herzlichen Dank für die Übersendung Ihres Buches über die Materie-Struktur, in dem Sie die Elementarteilchen-Physik vom weltanschaulichen Standpunkt des dialektischen Materialismus aus diskutieren. Es wird infolge mancherlei anderer Verpflichtungen noch eine Zeitlang dauern, bis ich zum Studium Ihres Buches komme, aber das Thema interessiert mich sehr. Ich hoffe, daß die Kritik an der kommunistischen Bewegung, die ich in meinem Buch ‚Der Teil und das Ganze‘ ausgesprochen habe, Sie nicht allzu sehr zum Protest herausfordert.“ Ihm ginge es um das Verhältnis von Wissenschaft und Weltanschauung, wofür er ebenfalls keine einfachen Lösungen anbieten könne. Am 1.2.1976 starb Werner Heisenberg. Weitere Diskussionen wären sicher interessant gewesen.

Reaktionen und Rezensionen

Das 1966 erschienene Buch zu Heisenberg wurde national und international mit großem Interesse aufgenommen, was mir auch in persönlichen Gesprächen auf Tagungen bestätigt wurde. Ich erhielt Einladungen zu Vorträgen, obwohl man die im Vorwort zur 2. Auflage mit dem Brief von Werner Heisenberg belegte positive Äußerung von ihm zu meinem Buch erst noch nicht kannte. Für viele war es dann interessant, wie er sich, trotz meiner eindeutigen Haltung zum dialektischen Materialismus, dazu verhielt. Seinen positiven Eindruck bestätigte er später in einem persönlichen Gespräch. Er lud mich nach München ein. Mein Antrag dafür wurde in einem Brief der Hauptabteilung Internationale Beziehungen im Ministerium für Hoch- und Fachschulwesen vom 19.05.1968 mit den Worten abgelehnt: „nach eingehender Beratung teilen wir Ihnen mit, daß z. Zt. kein unmittelbares politisch-wissenschaftliches Interesse für eine Reise zu Herrn Prof. Heisenberg besteht.“ Ich habe keine Ahnung, was die Verantwortlichen veranlasste, das zu schreiben.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Eventuell lag das Verhalten in derselben Linie, mit der Ende der sechziger Jahre Robert Havemann dem Sekretariat der SED-Kreisleitung der HUB empfahl, mir zu untersagen, Carl-Friedrich von Weizsäcker zu einem Vortrag in unsere Sektion einzuladen. Dieser hatte mir signalisiert, dass er eine solche Einladung annehmen würde. Havemann begründete das, wie mir mitgeteilt wurde, mit der Feststellung, wir wären nicht in der Lage, dem Gast Paroli zu bieten, wenn er die marxistische Philosophie angriff. Eine Diskussion mit Weizsäcker konnte jedoch 1988 an der Karl-Marx-Universität Leipzig stattfinden. In seinen Bemerkungen hob er hervor, dass ihn Heisenberg, als er vierzehn Jahre alt war, überzeugte, sich mit Physik zu beschäftigen, die zu äußerst interessanten wissenschaftlichen Diskussionen Anlass gab. Der Junge empfand es als „phantastisches Glück", dass seine Mutter Heisenberg nach Hause eingeladen hatte. Zu meinen Überlegungen zu seiner Auffassung von Dialektik bemerkte er: „Herr Hörz hat das ausgesprochen und ich kann nur zustimmen – ich gebrauche die Vokabel Dialektik nicht, um das darzustellen, was ich meine." Jeder originäre philosophische Denker habe sein eigenes Verständnis von Dialektik. Er würde jedoch nicht bestreiten, dass das, was er als Ontologie bezeichne, von anderen der Dialektik zugeschrieben würde. (Ackermann u. a. 1989, S. 98)

Es gab m. E. politische und philosophische Vorurteile auch bei marxistisch orientierten Physikern gegenüber der philosophisch-weltanschaulichen und politischen Haltung von Heisenberg. Das bekam ich in manchen Sitzungen zu spüren. Eine Rezension zu Heisenbergs Buch „Der Teil und das Ganze" (Heisenberg 1969), die ich für die Deutsche Literatur Zeitung, das Rezensionsorgan der Akademie der Wissenschaften der DDR (AdW), geschrieben hatte, erschien nicht. Der Redakteur informierte mich unter vier Augen vertraulich, dass die Ablehnung durch einen in der AdW einflussreichen Wissenschaftler erfolgt sei. Es war auch später für mich nicht einfach, mit Stellungnahmen für die Obrigkeit einseitigen und abwertenden Einschätzungen der philosophischen Haltung von Heisenberg entgegenzutreten. Sie wurden jedoch von mir von jenen erbeten, die meine Sachkenntnis schätzten und wie ich großes Interesse am allseitigen Meinungsaustausch über wesentliche Fragen der Wissenschaftsentwicklung hatten. Ich bin generell überzeugt: Engstirnigkeit, Dogmatismus und weltanschaulicher Fanatismus sind wissenschaftsfeindlich und durch keine politisch-ideologischen Argumente zu rechtfertigen.

Hinter vorgehaltener Hand erfuhr ich von verschiedenen Meinungsäußerungen führender Persönlichkeiten in Wissenschaft und Politik der DDR zu der ganzseitigen Rezension des Heisenberg-Buches im Spiegel (Der Spiegel 1966), die ich erst später über den „VEB Ausschnittdienst" erhielt. Es war schon interessant, dass Rezensionen in der BRD zu einem Buch erschienen, das von einem marxistischen Philosophen geschrieben wurde. Das hatte sicher zwei Gründe: Zum einen war Werner Heisenberg ein in der BRD hoch geachteter herausragender Physiker und zum anderen nutzte man meine Äußerungen zu dogmatischen Auffassungen als Beleg für die von der modernen Physik fundierte Kritik an der marxistischen Philosophie. Mit Hinweis auf meine Stellung als Professor für philosophische Probleme der Naturwissenschaften an der Humboldt-Universität Berlin und die bisherigen Publikationen „Dialektischer Determinismus in Natur und Gesellschaft" (1962) und „Atome, Kausalität, Quantensprünge" (1964) bemerkte Otto Tappen in der „Frankfurter Rundschau": „Hörz' neues Buch zieht dem Kommunismus sozusagen ein Stück seines geistigen Bodens weg. Das Werk, in dem es keinesfalls an einer Reihe erhabener Abstraktionen fehlt, ist ein offenes Eingeständnis der heutigen Unzulänglichkeit der kommunistischen Weltanschauung. ... Vor allem Heisenbergs Unschärfe- oder Unbestimmtheitsrelation erwies sich in ihren Konsequenzen als ein wahres Desaster für die kommunistische Philosophie, deren Regeln plötzlich nicht mehr stimmten." Das Kausalgesetz besage nämlich, dass sich der zukünftige Zustand eindeutig aus dem gegenwärtigen ergebe. „Auf dieser eindeutigen Bestimmtheit des Naturgeschehens fußt aber der Determinismus, auf dem sich die klassische Physik und die Weltanschauung des

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

dialektischen Materialismus aufbauen.“ Der Rezensent bezeichnete es als einen frommen Wunsch, eine philosophische Position aufzubauen, wie ich es forderte, was er mit einem Zitat von mir belegte, die der modernen Physik Rechnung trägt. (Tappen 1967)

Vor dieser Aufgabe stand m. E. nicht nur der dialektische Materialismus, sondern jede philosophische Richtung. Das zeigen die umfassenden Diskussionen um Determinismus und Indeterminismus, um die Erkennbarkeit der objektiven Realität usw. Auf internationalen Tagungen lernte ich viele Auffassungen kennen, fand jedoch auch aus anderen Richtungen der Philosophie Unterstützung für meine Position. Gerade der dialektische Materialismus mit seiner Kritik am klassischen Determinismus konnte diese Aufgabe m. E. noch am besten lösen. Dem diente schon die Begründung des dialektischen Determinismus auf der Grundlage der Arbeiten früherer Denker über die Dialektik der Natur. Dogmatische Auffassungen von einem Automatismus des Geschehens und einseitige Kausalauffassungen waren mit den neuen Erkenntnissen begründet zurückzuweisen. Das entsprach der Rückkehr zu dialektischen Auffassungen von der Wechselwirkung als der wahren causa finalis (Friedrich Engels), die manche „Dialektiker“ aus dem Auge verloren hatten. Mir ging es vor allem darum, wie im Buch ausgeführt, konstruktive Impulse aufzunehmen, die neue physikalische Erkenntnisse der Philosophie generell gaben. Ich nutzte sie zu einer kritischen Durchsicht bisheriger Auffassungen nicht nur im dialektischen Materialismus. Das war nicht etwa so zu verstehen, wie es der Rezensent im „Spiegel“ ausdrückte. Lenins Bemerkung, dass die moderne Physik dabei sei, den dialektischen Materialismus zu gebären, sei ein „Phantom“ gewesen, das man als Kommunist geglaubt habe. Das würde ich in dem Buch bekennen. So wird mit einem Zitat aus meinem Buch festgestellt: „Durch Heisenbergs Demontage des Determinismus wurde, so DDR-Denker Hörz, an weltanschaulichen Grundpositionen gerüttelt, die mancher für unerschütterlich gehalten hatte.“

Tatsächlich waren nicht nur manche dialektische Materialisten von der Unerschütterlichkeit der klassischen Physik und ihrer philosophischen Interpretation mit einem klassischen Determinismus überzeugt. Das galt für andere Philosophien ebenfalls. Wenn man die Hypothese von Lenin ernst nahm, dann zeigte die moderne Physik das materialistisch-dialektische Verständnis der Beziehungen von Kontinuität und Diskontinuität, von Gesetz und Zufall, von Möglichkeit und Wirklichkeit. Darum ging es mir und Heisenberg erkannte das. Die politische Stoßrichtung der Rezension war klar. Sie richtete sich gegen den dialektischen Materialismus, den ich verteidigte. Am Schluss der Rezension heißt es: „So fordert Autor Hörz am Ende etwas gequält, der Kommunismus müsse nun angesichts Heisenbergs ‚eine philosophische Position aufbauen, die einerseits den Ergebnissen der modernen Physik Rechnung trägt und andererseits idealistische Forderungen ausschließt.‘“ (Der Spiegel, 50/1966, S. 152) Der Terminus „Kommunismus“ taucht im Buch nur an wenigen Stellen auf. Mit Bezug auf Lenins Werk „Materialismus und Empiriokritizismus“ und seiner Auseinandersetzung mit dem Revisionismus wird festgestellt: „Gleichzeitig war vielen Physikern die marxistische Philosophie nicht bekannt, oder sie erschien ihnen als ‚Weltanschauung der Kommunisten‘ nicht geeignet für die Deutung der physikalischen Probleme. So suchten sie nach einer eigenen Philosophie und übernahmen gerade am Anfang viele Elemente des Positivismus in die Kopenhagener Deutung der Quantentheorie.“ (S. 25) Das ist sicher nicht zu bestreiten.

Eher konnte sich der Rezensent auf folgende Stelle im Buch beziehen: „Aber die Existenz allgemeinster Beziehungen und Gesetze in Natur und Gesellschaft wurde stets dazu genutzt, auch aus der Naturwissenschaft solche allgemeinen Beziehungen zu entdecken und sie auf ihre Tragfähigkeit für die Gesellschaft zu überprüfen. So ist der dialektische Materialismus als Weltanschauung der Arbeiterklasse in erster Linie die theoretische philosophische Grundlage des wissenschaftlichen Kommunismus. Aber als Weltanschauung entwickelt er auch seine Vorstellung zur Dialektik der Natur, zu den allgemeinsten Beziehungen und Gesetzen in Natur und Gesellschaft, zu den erkenntnistheoretischen und methodologischen Problemen der Na-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

turwissenschaft und zu den Wechselbeziehungen zwischen Natur- und Gesellschaftswissenschaft. Für die allseitige Begründung des dialektischen Materialismus als wissenschaftlicher Weltanschauung spielt die Naturwissenschaft eine große Rolle. Ihre neuesten Ergebnisse müssen verallgemeinert werden, weil sie eine Präzisierung der philosophischen Kategorien verlangen und damit auch eine Weiterentwicklung der Philosophie“ (S. 80 f.). Es ging hier also gar nicht um den Kommunismus als Ideal einer klassenlosen Gesellschaft mit ihren nicht-antagonistisch zu lösenden Widersprüchen, sondern um eine Polemik gegen die, die marxistische Philosophie dort amputierten, wo ihr Verständnis für die philosophischen Aspekte naturwissenschaftlichen Denkens aufhörte. Ich begründete die Berechtigung philosophischer Analysen physikalischer Erkenntnisse und die Möglichkeit ihrer Verallgemeinerung für Gesellschaftstheorien.

Eine wesentlich sachliche Rezension von Del Negro gab eine umfassende Darstellung des Buchinhalts. Berechtigt betonte der Rezensent: „Gleichzeitig bietet die Analyse der Ansichten Heisenbergs und der übrigen namhaften Quantentheoretiker die Gelegenheit, die Auffassungen des Diamat selbst in extenso [ausführlich] darzulegen.“ Wieso er jedoch meinte, ich verstünde den Möglichkeitsbegriff nur in seiner erkenntnistheoretischen Bedeutung, war mir damals schon nicht klar. (Del Negro 1967) Im dialektischen Determinismus hob ich doch gerade die objektiven Möglichkeiten und ihre wahrscheinliche bedingt zufälligen Realisierungen hervor.

Heisenberg und die Folgen

Als mein Kollege Prof. Kurt Reiprich aus Leipzig, mit dem ich gemeinsam von 1952 bis 1953 an der Universität Jena Philosophie studierte, in Vorbereitung einer Konferenz des Rohrbacher Kreises zum 100. Geburtstag von Werner Heisenberg bei mir anfragte, ob ich bereit sei, dort über die Fortsetzung der Determinismus-Debatte zu sprechen, sagte ich zu. Ich wählte als Thema „Heisenberg – Determinismus und die Folgen“ (Hörz 2002), um zu zeigen, dass zwar neue Aspekte mit neuen Erkenntnissen zu berücksichtigen sind, doch diese nicht unbedingt zum Veralten philosophischer Konzeptionen führen. Leider spielt oft Ignoranz gegenüber dem Erreichten eine Rolle, wenn man sich mit „neuen“ Ideen profilieren will. Nicht nur Plagiate schaden der wissenschaftlichen Reputation, sondern auch die Missachtung schon vorliegender Erkenntnisse.

Es war eine interessante Tagung mit vielen Diskussionen über die Entwicklung der Physik und die philosophischen Auffassungen Heisenbergs. Seine Überlegungen wurden im Zusammenhang mit aktuellen Problemen konstruktiv-kritisch analysiert. Es ging um die Rolle der Mathematik, um Wahrheit und Richtigkeit, um Verantwortung und die Kritik Goethes an der Farbenlehre von Newton, mit der sich Heisenberg, wie schon betont, befasst hatte. Mit einer E-Mail vom 20.11.2001 an Kurt Reiprich schickte ich ihm das Manuskript meines Vortrags und bedankte mich bei ihm und dem Mitveranstalter Prof. Klose „für den Aufwand, der bei solchen Sachen immer erforderlich ist“ und drückte meine Freude aus, „dass Dein Antrag auf Druckkostenzuschuss genehmigt wurde.“ Ich schlug vor: „Wenn die Vorträge gedruckt sind, könnten wir den Münchenern vom Heisenberg-Institut (H. Rechenberg) ein Exemplar schikken. Ich habe ihm von unserem Kolloquium berichtet und die Referenten und Themen benannt. Er hatte mich als einen der ersten Buchautoren, die zu Heisenberg geschrieben haben, nach München eingeladen und wir wollten eigentlich auch fahren. Helga übernimmt sich jedoch in Berlin mit ihrer Bildungsakademie und verkraftet noch unsere Reise nach Wien und Graz, so dass wir doch lieber abgesagt haben.“

Helmut Rechenberg schätzte ich als einen Kenner des Wirkens von Heisenberg. Er war dessen letzter Doktorand, Mitherausgeber der Gesammelten Werke von Werner Heisenberg und leitete ab 1977 das Werner Heisenberg Archiv. 2010 erschien seine zweibändige Heisenberg Biographie. Mit ihm verband mich sowohl das Interesse an den Arbeiten von Heisenberg als

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

auch zu Hermann von Helmholtz, mit dem er sich ebenfalls beschäftigte. Ich schrieb ihm am 31.3.1994 als Mitarbeiter der Forschungsgruppe „Wissenschaftshistorische Studien der BBAW“:

„Sehr geehrter Herr Kollege Rechenberg,

wie ich hörte werden Sie im September zum hundertsten Todestag von Hermann von Helmholtz mit einem Referat auf der Veranstaltung in Berlin auftreten. Da uns schon die Interessen an Heisenberg zusammenführten, freut es mich, daß wir auch mit Helmholtz ein gemeinsames Forschungsgebiet haben. Ich beschäftige mich mit der Edition von bisher unveröffentlichten Materialien aus dem Helmholtz-Nachlaß im Berliner Akademiearchiv. In Fortsetzung der Edition des Briefwechsels zwischen Helmholtz und du Bois-Reymond, den ich 1986 mit herausgegeben habe, bin ich nun mit der Edition der Briefe von Müller, Ludwig, Brücke und Fechner an Helmholtz fertig. Das Manuskript liegt beim Verlag und das Buch soll zum 100. Todestag von Helmholtz erscheinen. Mein nächstes Projekt sind die Briefe von Geisteswissenschaftlern an Helmholtz und dann möchte ich mich mit den Briefen von Thomson an Helmholtz beschäftigen. Einige davon habe ich schon transkribiert.

Ich schicke Ihnen, da er sie eventuell interessiert, meinen Beitrag zu Helmholtz und Österreich in dem beiliegenden Heft. Sollten Sie ‚Dokumente der Freundschaft‘ mit dem Briefwechsel zwischen Helmholtz und du Bois nicht besitzen, so kann ich es Ihnen schicken. Leider besitze ich kein Exemplar meines mit A. Laaß herausgegebenen Buches ‚Boltzmanns Wege nach Berlin‘ (1989) mehr, in dem die Briefe von Boltzmann an Helmholtz abgedruckt sind und auf das ich mich in dem beiliegenden Beitrag beziehe.

Ich nehme an, daß Sie die traurige Nachricht vom Ableben von Prof. Röseberg, der bis zur Abwicklung lange mein Mitarbeiter war, erhalten haben. Das war doch ein schwerer Schock für uns. Soweit ich weiß, hatte er mehrmals Kontakt mit Ihnen, so auch zur Heisenberg-Konferenz in Leipzig, auf der wir uns gesehen haben.“ Ich schickte Rechenberg später weitere Publikationen zu Helmholtz, für die er sich freundlich bedankte.

Über die Folgen der Arbeiten von Werner Heisenberg werden wir sicher weiter diskutieren, selbst wenn der Name nicht immer dabei auftaucht. Mit seinen Arbeiten ist ein wesentlicher Einschnitt in der Geschichte der Wissenschaften verbunden, an dem viele beteiligt waren: Der Übergang von der klassischen zur modernen Physik. Wer Geschichte und Philosophie der Wissenschaften studiert, wird an den Arbeiten von Heisenberg nicht vorbei können. Einen kleinen Beitrag zum Verständnis seiner philosophischen Haltung hoffe ich ebenfalls geleistet zu haben.

Eine Reihe von Problemfeldern ist auf jeden Fall weiter zu bearbeiten, um neue Erkenntnisse in ihrer philosophischen Relevanz zu erfassen. Dabei sind die, am konkreten Material des Wirkens von Heisenberg, schon erarbeiteten konzeptionellen Vorstellungen weiter von Bedeutung. Es verbinden sich also bereits erreichte philosophische allgemeine Erkenntnisse und neue Problemsituationen, was zu präzisierten philosophischen Aussagen führt. Vorherige philosophische Hypothesen können dabei überprüft werden. Das galt sowohl für die Zeit, als das vorliegende Buch entstand, als auch für die Gegenwart. Der komplizierte philosophische Erkenntnisprozess ist von mir in verschiedenen Arbeiten analysiert worden. So ging es mir im Zusammenhang mit meinen Studien für das Heisenberg-Buch um die bisher in der marxistischen Literatur unterschätzte Rolle philosophischer Hypothesen, die ich in meinem Beitrag zum Philosophie-Kongress der DDR 1965 behandelte. (Hörz 1965) Damit verband ich die in späteren Arbeiten immer wieder am konkreten Material erläuterte heuristische Funktion der Philosophie für die Forschung in den Spezialwissenschaften. (Hörz 1969, 2000) Wir kennen, wie auch im Buch erläutert, langlebige philosophische Erkenntnisse, präzisierte philosophi-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

sche Aussagen einer Zeit, die durch die Präzisierung beweis- und widerlegbar werden und philosophische Hypothesen. (Hörz 1976)

In einem Artikel zum Verhältnis von Naturerkenntnis und Ethik analysierte ich nicht nur die Auffassungen von Max Born und Jacques Monod, sondern ging auch auf die problematische Unterscheidung von Heisenberg ein, der zwischen der Verantwortung von Entdeckern und Erfindern unterschied. (Hörz 1973) Ich sah, wie in vielen Studien von mir, auch oft mit Hinweisen auf Heisenberg versehen, in der Wissenschaft eine moralische Instanz, die mit Wissen zum Handeln aufruft, wenn Gefahrenrisiken zu bewältigen sind. So unterschied ich in einem Vortrag vor der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften auf dem Ehrenkolloquium zum 80. Geburtstag des Physikers Karl Lanius (1927-2010) als ich sein gesellschaftskritisches Wirken würdigte, zwischen der gesellschaftlichen Gesamtverantwortung für den Erhalt der menschlichen Gattung und ihrer natürlichen Lebensbedingungen, der friedlichen Lösung von Konflikten und der Erhöhung der Lebensqualität aller Glieder einer soziokulturellen Identität und der spezifischen Verantwortlichkeit für die gewissenhafte Erfüllung der Aufgaben des Spezialgebiets, die aus humanen Gründen nicht in Widerspruch zur Verantwortung geraten sollte. (Hörz 2007) Die umfassende gesellschaftliche Diskussion, die dazu im Zusammenhang mit neuen Waffen für Kriege, anthropogen [durch den Menschen verursacht] bedingten gefährlichen Veränderungen von Ökozyklen, zerstörerischen Auswirkungen von Wissenschaft und Technik auf die Kultur usw. geführt werden, zeigen, wie oft die akribische Aufgabenerfüllung die humane Verantwortung konterkariert. Macht- und Profitinteressen spielen eben eine wichtige Rolle.

Philosophie und Physik

Kommen wir noch einmal auf das Kernproblem des Wirkens von Heisenberg in seiner philosophischen Relevanz zurück, das Verhältnis von Philosophie und Physik. Die philosophische Analyse der Elementarteilchenphysik warf verschiedene Probleme auf, die auch heute noch aktuell sind, so das Verhältnis von elementaren und komplexen Strukturen, von Lokalität und Kausalität, von der in sich zusammenhängenden Raum-Zeit und von Symmetrie und Gesetz. (Hörz 1971) In einem Rückblick schrieb der Mathematiker Gerd Lassner, Professor für Analysis an der Leipziger Universität, mit dem ich fruchtbare philosophische Diskussionen führen konnte, über die Elementarteilchentheorie der sechziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts als einem Konglomerat von Hypothesen, Formen, Konzeptionen. Als Kandidat für eine vereinheitlichte Theorie galt die string-Theorie, an der auch heute weiter gearbeitet wird. Zum nicht-kommutativen Raum des Heisenbergschen Modells des Magneten und die aktuellen Entwicklungen mathematischer Physik bemerkte er mit Hinweis auf mein Buch „Philosophie der Zeit“ (1990): „Es ist nahezu in wörtlicher Übereinstimmung die mathematisch-theoretische Realisierung eines möglichen Programms, das sich aus philosophischen Überlegungen ergibt, und das H. Hörz … formuliert hat.“ (Lassner 2003, S. 280)

Das Standardmodell der Elementarteilchenphysik als Quantenfeldtheorie erfasst nun die bekannten Elementarteilchen in ihrer starken, schwachen und elektromagnetischen Wechselwirkung. Nach dem Higgs-Boson wird gesucht und Experimente am LHC scheinen Erfolg zu haben. Für eine „grand unification theory“ (GUT) wäre theoretisch die Verbindung zur Gravitation herzustellen. Philosophisch beschäftigen uns dazu Überlegungen zu den „Prinzipien der Physik“ (Schimming, Hörz 2009), die einer einheitlichen Welterklärung zwar entsprechen, doch die Vielfalt in der Einheit in ihrer Dialektik mit umfassen.

Mit meinem Freund, dem theoretischen Physiker und Astrophysiker Hans-Jürgen Treder (1928-2006) sprach ich oft über Philosophie als Welterklärung im Allgemeinen und über kosmische Rätsel im Besonderen. Die Kopenhagener Deutung der Quantentheorie sah er als jemand, der in Einsteins Spuren wandelte, skeptisch. Er verwies zwar nicht, wie Einstein, auf

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Gott, der nicht würfelt, sondern berief sich auf Aletheia, die Göttin der Wahrheit. (Hörz 2003) Treder war damals sehr erstaunt über den ausführlichen Brief, den ich von Heisenberg erhielt. Er meinte, dieser würde sich sonst immer nur sehr kurz zu Problemen brieflich äußern.

In den Diskussionen mit Hans-Jürgen Treder spielten weitere Aspekte des Verhältnisses von Philosophie und Physik eine Rolle. Das belegt der Briefwechsel zwischen ihm und Prof. Dr. med. Gerald Ulrich, mit dem ich ebenfalls interessante Diskussionen hatte. Am 30.12.1999 bedankte ich mich bei ihm für das Büchlein zum Verhältnis von Medizin und Physik „Im Spannungsfeld von Aletheia und Asklepios“ (Ulrich, Treder 2000) und betonte. „Ich habe es mit großem Interesse gelesen und stimme in vielen Auffassungen mit Dir überein.

Drei Probleme fielen mir auf:

1. Den Hinweis auf die Zeit halte ich für äußerst wichtig, wenn man die Subjektivität verstehen will. Mir scheint jedoch, dass wir auch zwischen objektiver und subjektiver Zeit unterscheiden müssen. In meinem 1990 erschienenen Buch „Philosophie der Zeit“ habe ich versucht, das zu begründen. Die Kurzfassung ist in dem Zeitartikel in der Zeitschrift für Geol. Wiss. enthalten, in der auch Dein Artikel zur Konstanz der Naturgesetze erschienen ist. Die objektive Zeit umfaßt Dauer, Ordnung und Richtung des Geschehens und die subjektive Zeit ist Lebensgefühl und Gestaltungsprinzip. Insofern bringt der Hinweis auf die Zeit, so wichtig er ist, uns doch wieder auf die Komplementarität von Subjekt und Objekt zurück. Außerdem wäre mit der Zeitrichtung auch die Zyklizität der Zeit zu diskutieren, die schon die Ägypter in der Wiederkehr der Nilüberschwemmungen fanden.

2. Bei der Diskussion über Physik und Biologie (Medizin) spielt in Euren Briefen die Chemie kaum eine Rolle. Ich lege Dir dazu einen Vortrag bei, der auch Hinweise zum Verhältnis von Mechanismus und Chemismus enthält. Ich denke mir, dass wir die philosophischen Aspekte der Chemie erst dann erfassen, wenn wir sie nicht auf Physik reduzieren und nicht auf Biologie holistisch [das Ganze betreffend] projizieren, sondern in ihrer eigenständigen Bedeutung als komplexe Probleme der Stoffumwandlung begreifen, die sowohl den in physikalischen Gesetzen enthaltenen Möglichkeitsfeldern entsprechen muss, als auch selbst wieder die emergente [auftauchende] Eigenschaft hat, Lebensmerkmale zu besitzen.

3. Warum spielt der Zufall in Euren Diskussionen keine Rolle? Er stellt theoretisch für mich ein Bindeglied zwischen objektiver Determiniertheit und subjektivem Handeln dar, da er den Spielraum für das Eingreifen der Menschen in die determinierte Welt eröffnet. Menschen sind ja immer Beobachter (Erkennende) und Täter (Handelnde). Sie kommen erst durch ihr Handeln zur ‚trügerischen‘ Erkenntnis, die sie brauchen, um überleben oder gar besser leben zu können.

Du siehst, die Überlegungen in dem Büchlein, das übrigens sehr schön gestaltet ist, bringen mich auch wieder ins Grübeln. Das ist eben der Unterschied zu Aletheia. Sie weiß, weil alles ist und wir wollen erfahren, warum was wie ist.“

Treder widmete sich immer wieder philosophischen Aspekten der Physik und debattierte gern darüber mit Philosophen. Über unsere Diskussionen ist an anderer Stelle berichtet. (Hörz 2005, S. 238-241) In den Sitzungsberichten der Leibniz-Sozietät sind meine Überlegungen zu seinen Auffassungen an verschiedenen Stellen dokumentiert. In einer Besprechung unter dem Thema „Philosophie und physikalische Erkenntnis“ (Hörz 1999) gehe ich auf vier Vorträge ein, die Treder von 1996 bis 1999 hielt. Sie sind unter dem Titel „Über die Unvollendbarkeit der menschlichen Erkenntnis“ veröffentlicht. (Treder 1999) Schon die Themen verwiesen auf interessante Überlegungen: Festvortrag zum 350. Geburtstag von G. W. Leibniz „Das anthrope Prinzip oder die ‚Beste‘ der Welten“, die Auffassungen des Parmenides zur Begründung von Ontologie und Kosmologie mit dem Titel „Denn eins sind Denken und Sein ...“, „Einmaligkeit der Welt – Zum Machschen Prinzip“ und „Die Unvollendbarkeit der menschlichen Erkenntnis“.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Treder war ein hervorragender mathematischer Physiker und philosophischer Denker. Er wollte, was für einen Physiker nicht selbstverständlich ist, wesentliche Fragen nach dem Warum des Geschehens aus seiner Sicht beantworten. Sie sollten nicht einfach in Wie-Fragen umgewandelt werden, um sie dann durch die mathematische Darstellung von Regularitäten und Gesetzmäßigkeiten zu beantworten. Damit traf er sich mit seinem Vorbild Albert Einstein, den er sehr verehrte. Werner Heisenberg, dessen Arbeiten ich sehr schätze, gehört ebenfalls in diese Kategorie hervorragender Physiker, die philosophischen Aspekten ihrer Arbeit große Aufmerksamkeit schenkten. Sie stellen, was ich Treder ebenfalls bescheinigte, die erreichten Ergebnisse auf den theoretisch-philosophischen Prüfstand. Sie empfinden und gestalten Philosophie der Physik als geistige Provokation und stellen die Frage nach den Ideen, die mehr als andere zum Weiterfragen provozieren.

Für Treder ist die Haltung von Leibniz, unsere Welt sei die beste aller möglichen Welten, anregender für das Weiterdenken als das anthrope Prinzip. Als Motto des Vortrags über Parmenides nahm Treder die Ansicht von Schrödinger, dass die Wissenschaft eine Erfindung der Griechen sei. Mit der Offenbarung der Göttin der Wahrheit, Aletheia, nach der alles Denkbare denknotwendig und dieses das Seiende sei, machte er auf den Unterschied zwischen der göttlich gedachten Selbstkonsistenz des Kosmos und den endlichen Schritten der menschlichen Erkenntnis auf dem unendlichen Weg zur göttlichen Wahrheit aufmerksam. Beim Machschen Prinzip beschäftigte ihn das Problem unter einem anderen Aspekt: Brauchen wir für unsere physikalische Erkenntnis den Kosmos denn überhaupt, wo wir doch die Aufgaben auch in einem ideal abgeschlossenen System lösen können? Er diskutierte Antworten und Einwände und stellte fest, dass der Kosmos als Ganzes erst die Möglichkeit gibt, die Gesetze der Physik zu formulieren. Die Konsequenz seiner Argumentation war: „Der Erkenntnisprozeß führt zu immer neuen Stufen der Erkenntnis und ist niemals abschließbar." (Treder 1999, S. 51)

Was verstehen wir jedoch unter dem Kosmos (K)? Kosmogonie und Kosmologie basieren auf Erkenntnissen aus der Welt, die wir beobachten und messen, einschließlich der Prozesse, die Milliarden Lichtjahre entfernt sind. Dazu fangen wir entsprechende Signale auf, die wir interpretieren (K_1). Unsere begründete Annahme von der Universalität und Ewigkeit der Naturgesetze lässt Extrapolationen auf einen theoretisch erfassten Kosmos (K_2) zu. Über den Kosmos als Ganzes (K_3) wissen wir nur, dass er existiert und, nach unseren Erfahrungen, unerschöpflich ist. Wir versuchen, Informationen über Lebensformen und vernunftbegabte Wesen in anderen kosmischen Bereichen zu erhalten. Eventuell existieren Antiwelten. Für die philosophische Interpretation ist es wichtig, diese Differenzierung stets im Blick zu haben, um Hypothesen und Spekulationen von Tatsachen und begründeten Erkenntnissen unterscheiden zu können.

Treder sah eine historische Antwort auf die Frage nach den aktuellen Strukturen des Kosmos als unbefriedigend an. In der Auseinandersetzung zwischen einem Strukturalismus, der die aktuellen Strukturen untersucht, und einem Evolutionismus, der die aktuellen Strukturen aus der Geschichte verstehen will, die Treder als zwei Möglichkeiten der Beschreibung sah, hob er die Gefahren der historischen Betrachtung hervor, die zum Mythos werden könne. Doch alle Strukturen sind geronnene Entwicklung. Beide Erkenntnisarten schließen sich nicht aus. Sie ergänzen sich. Gerade wegen der betonten Unabgeschlossenheit der Erkenntnis sind stets beide Wege zu gehen. Strukturen verweisen auf Evolution und Evolution wirkt strukturierend.

Der in vielen philosophischen Werken, etwa vom kritischen Realismus und dialektischen Materialismus, geäußerte grundlegende Gedanke von der Unvollendbarkeit menschlicher Erkenntnis kann verschieden interpretiert werden. Wer nach abgeschlossener Erkenntnis strebt, würde sich zu den Göttern erheben wollen. Geoffenbartes Wissen ist, dem Glauben nach, absolut wahr. Wir leben mit einem wissensbasierten Glauben, der sowohl relative Wahrheiten als auch Hypothesen über das noch zu Erkennende umfasst. Für mich stellt deshalb

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Offenbarungswissen eigentliches Menschsein in Frage, nämlich den Erkenntnisdrang. Die menschliche Neugier ist der Stachel im Fleisch des Erkannten. Er treibt uns weiter. Es ist also erkenntnisoptimistisch, wenn neue Erkenntnis neue Fragen mit sich bringt. Wir wollen wissen, was wir noch nicht wissen. Pessimismus bedeutet, mit abgeschlossener Erkenntnis in einer Welt ohne Widersprüche leben zu sollen.

Nähern wir uns in einem asymptotischen [aufeinander zubewegend, aber sich nicht erreichend] Prozess mit relativen Wahrheiten an die absolute Wahrheit an? Mit neuem Wissen wächst zugleich die Einsicht in unser Nichtwissen. Das ist für den, der philosophisch die Unerschöpflichkeit der Materie anerkennt, konsequent, denn sowohl die Entwicklung des realen Geschehens als auch die Erweiterung der Denkzeuge führt zu neuen Erkenntnisobjekten. Selbst wenn wir mit Aletheia alles Gedachte als Sein nehmen, dann ist es für uns, wenn wir das unerschöpfliche Sein in erreichbare und fassbare Erkenntnisobjekte für uns umwandeln, klar, dass noch viele potenzielle Objekte auf ihre Untersuchung warten. Philosophie formuliert Sinnfragen als Warum-Fragen in Welträtseln. Wissenschaft trägt zur partiellen Lösung dieser Rätsel bei, indem sie Teile eines Rätsels in Wie-Fragen verwandelt und diese beantwortet. Damit ist das Rätsel jedoch nicht vollständig gelöst. So denken wir weiter über Materie und Bewegung, Sein und Bewusstsein, Gen und Verhalten, Naturgestaltung und Verantwortung, das Wesen der Kreativität und andere Rätsel nach und freuen uns über jeden Schritt, den wir auf dem Weg der Erkenntnis zu neuen Lücken unseres Wissens gehen.

Heisenberg und das nationalsozialistische Deutschland

Immer wieder gibt es Diskussionen über das Verhältnis Heisenbergs zu den Nazis und seinen Beitrag zur Entwicklung einer Atombombe. Wie im Buch dargelegt, arbeitete Heisenberg an der Suche nach dem überkritischen Reaktor mit, doch die Prioritäten für kriegswichtige Waffen wurden in Deutschland anders gesetzt. Während in den USA ab 1942 fieberhaft und mit großem Aufwand am Atombombenprojekt mit Erfolg gearbeitet wurde, forcierte Nazi-Deutschland vor allem die Entwicklung und den Einsatz der V-Waffen. Heisenberg habe sich, so wird jedoch auch behauptet, intensiv dem Auftrag der NS-Regierung gewidmet. Statt der Bombe habe er Kettenreaktoren gebaut. Seine Haltung sei ein Beispiel für Opportunismus in Zeiten des Krieges. Meine kritischen Einwände gegen diese Darstellung (Rose 2001) teilte ich einem hervorragenden Kenner des Wirkens von Heisenberg mit, der mir mitteilte, dass er meine kritische Meinung teile und es abgelehnt habe, das Buch zu besprechen.

Als die Briefe von Elisabeth und Werner Heisenberg veröffentlicht wurden, erschien dazu eine Besprechung von Ernst Peter Fischer in der Zeitung „Die Welt“ vom 22.10.2011. Dort heißt es: „Elisabeth und Werner Heisenberg schaffen es gerade einmal, die Hälfte ihrer Tage (und Nächte) gemeinsam zu verbringen, und in den Briefen, die sie sich gezwungenermaßen in den Zeiten der Trennung geschrieben haben und die jetzt als Buch vorliegen, bekommt der Leser ein eindrucksvolles Bild davon, wie zwei großartige Menschen anständig ihren Weg selbst unter katastrophalen Umständen gehen können, auch, weil beide von der Kultur schwärmen, in der sie erwachsen geworden sind. ... Was haben die Historiker nicht alles über die Frage geschrieben, ob Heisenberg der Bau der Atombombe missraten ist, ob er absichtlich oder versehentlich an den Problemen der Kernphysik gescheitert ist. Was haben dieselben Historiker nicht alles aus der Frage gemacht, warum Heisenberg die vielen Angebote aus Amerika nicht angenommen hat und stattdessen im Deutschland der Nazis geblieben ist. Die Briefe ... sollten seinen Gegnern die nötigen Antworten liefern. Wir erwähnen den Grund für das Bleiben in Deutschland nur mit dem einen Wort, das Heisenberg selbst genau zu diesem Zweck einsetzt und sogar ausführt, mit dem Wort ‚Heimat‘ nämlich. Wer nicht versteht, wie sehr Heisenberg an der ‚Heimat‘ hängt, sollte zu dessen Entscheidungen schweigen.“

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Der mathematische Physiker Rainer Schimming hatte mich auf die Rezension aufmerksam gemacht. Ihm schrieb ich dazu am 4.11.2011:

„... ich habe mit Interesse die Rezension zu den Heisenberg-Briefen und ihre Bemerkungen gelesen. Da ich mich lange mit Heisenberg beschäftigt habe, möchte ich einige Anmerkungen machen. Ich konnte ja in der 2. Auflage zu ‚Werner Heisenberg und die Philosophie' mit seinem Einverständnis aus seinem Brief über das Buch, den er mir schrieb, zitieren. (1) An meinen Überlegungen zum Atombombenbau im Heisenbergbuch brauche ich nichts zu ändern. Die in Deutschland verbliebenen Physiker hatten 1942 die Anfrage Adolf Hitlers zu beantworten, ob der hochexplosive Sprengstoff in zwei Jahren fertigzustellen sei. Das mussten Gerlach als Anhänger der Nazis, Weizsäcker als politisch nicht immer eindeutig festgelegt, Heisenberg als distanziert zu den Nazis und die anderen negativ beantworten. So ging die Priorität an die Forschungen von Braun nach Peenemünde. Die Atomphysiker arbeiteten am ‚überkritischen Reaktor'. Das Ergebnis war der Bau der Bombe in den USA vor allem durch Antifaschisten und der von ihnen verurteilte Abwurf. Auf dem Fuchs-Kolloquium wird das Problem eine Rolle spielen. (2) In mehreren Artikeln habe ich mich mit der Verantwortung der Wissenschaftler auf diesem Gebiet befasst und mich mit den Argumenten von Heisenberg mit seiner Differenzierung von Entdeckern und Erfindern auseinandergesetzt. Gesamtverantwortung für den Erhalt der menschlichen Gattung ist unteilbar. Klaus Fuchs informierte die Alliierten, Heisenberg blieb in Deutschland, Max Born ging nach England und war mit seinen beiden Schülern nicht einverstanden. Er schickte mir einmal mit Widmung einen Beitrag zur Verantwortung der Wissenschaft mit dem Hinweis, dass er schon zu alt wäre, um sich noch mit den philosophischen Problemen zu befassen. Wir können uns mit den Motiven für bestimmte Entscheidungen befassen, um daraus zu lernen, wie man sich unter konkret-historischen Bedingungen verhalten kann. Dabei haben Sie recht, dass jeder seine eigene Sicht auf seine Haltungen hat. (3) Heisenbergs Begründung für sein Bleiben in Deutschland mit dem Heimatgefühl ist nicht neu. (s. Anlage) Insofern bestätigen die Briefe nur, was vorher schon dazu geschrieben wurde. Das gilt auch für die Gespräche Bohr-Heisenberg u. a. Die immer aufflammenden Meldungen über angeblich neue Belege des Verhaltens von Heisenberg haben bisher keine prinzipiellen Änderungen gebracht. Dem stimmt auch Helmut Rechenberg zu, wie er mir anlässlich unseriöser Publikationen zur Atomforschung in Deutschland versicherte."

Das erwähnte Fuchs-Kolloquium hat stattgefunden. Ich sprach dort zum Thema: „‚Wir haben die feste Überzeugung, daß Frieden und soziale Gerechtigkeit einander bedingen.' Zur Forderung von Klaus Fuchs nach einem dauerhaften Frieden." Ich stellte fest: „Heisenberg war nicht an der Entwicklung der Atombombe in den USA beteiligt. Klaus Fuchs schon. Deutsche Physiker arbeiteten am überkritischen Reaktor, um einen hochexplosiven Sprengstoff herzustellen. Da sie die zeitliche Forderung Adolf Hitlers nicht erfüllen konnten, wurden Ressourcen umgepolt und dem Programm zur Raketenentwicklung zur Verfügung gestellt. In den Debatten um moralisches Verhalten wären nicht nur die Atombombe, sondern auch die V-Waffen einzubeziehen. Während Klaus Fuchs verurteilt wurde, halfen Peenemünder Raketenbauer den USA bei der weiteren Entwicklung dieser Technik, womit Grundlagen für den Waffeneinsatz aus dem All geschaffen werden konnten. In einer gemeinsamen Tagung des ‚DDR-Komitees für wissenschaftliche Fragen der Sicherung des Friedens und der Abrüstung' bei der AdW, dem Klaus Fuchs und ich angehörten, und des ‚Beirates für Weltraumfragen' beim Friedensrat der DDR wurde deshalb die friedliche Nutzung des Weltraums statt seiner Militarisierung gefordert." (Flach, Fuchs-Kittowski 2012)

Der als Anlage erwähnte Beitrag (Hörz 1994) geht im Zusammenhang mit der Arbeit von Heisenberg „Ordnung der Wirklichkeit" (Heisenberg 1942) auf das für die meisten Menschen wesentliche Bewusstsein der Heimat ein, das Heisenberg als das „höchste Glück" ansah, das uns die Welt zu bieten vermag. Heimat war für Heisenberg nie der nationalsozialistische Staat, obwohl er versuchte, mit den entsprechenden staatlichen Bedingungen zu leben. Heimat um-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

fasst Sprache und kulturelle Traditionen, Familie und Freunde. Sie wollte er nicht missen. Er hoffte, nach dem Krieg als Wissenschaftler seiner Heimat dienen zu können. Das Gefühl der Heimat wirkt sinnstiftend, wenn man die übernommenen Aufgaben als übereinstimmend mit dem eigenen Gewissen empfindet.

Danksagung

Ich danke Kurt W. Fleming vom Max Stirner-Archiv, der mir den Vorschlag unterbreitete, mein Heisenberg-Buch ins Internet zu stellen. Er digitalisierte das Werk und inspirierte mich, ein Vorwort zur digitalisierten Ausgabe zu schreiben. Hoffen wir gemeinsam auf interessierte Leser und kreative Nachfolger von Heisenberg in der Physik. Philosophie ist kein Geschäft für Weltfremde, sondern lebt von den Impulsen neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse, um ihre Funktion als Welterklärung, Gedankenprovokation und weltanschauliche Lebenshilfe erfüllen zu können.

Februar 2013
Herbert Hörz

LITERATUR

Ackermann, Peter, Eisenberg, Wolfgang, Herwig, Helge, Kannegießer, Karlheinz (Hrsg.) (1989), Erfahrung des Denkens. Wahrnehmung des Ganzen. Carl Friedrich von Weizsäcker als Physiker und Philosoph. Berlin: Akademie-Verlag.

Del Negro, Walter von (1967). Rezension zu: Herbert Hörz, Werner Heisenberg und die Philosophie. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1966. In: Philosophischer Literaturanzeiger, XX. Band, Heft 2, März/April 1967, S. 70-74.

Der Spiegel (1966), Rebellion der Natur. Besprechung: Herbert Hörz, Werner Heisenberg und die Philosophie. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Ost-Berlin. In: Der Spiegel, Nr. 50, 1966, S. 151.

Fischer, Ernst Peter (2011), Keine Ruhe für die Seele. Besprechung des Buches: Werner u. Elisabeth Heisenberg: *Meine liebe Li!* Wien: Residenz. In: Die Welt vom 22.10.2011.

Flach, Günter, Fuchs-Kittowski, Klaus (2012), Vom atomaren Patt zu einer von Atomwaffen freien Welt. Gemeinsame Konferenz der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin und des Russischen Hauses der Wissenschaften unter Mitwirkung der Deutschen Gesellschaft für Kybernetik am 25. und 26. November 2011 im Russischen Haus der Kultur in Berlin. Abhandlungen der Leibniz-Sozietät Band 32. Berlin: trafo Verlag.

Groves, Leslie Richard (1964), Jetzt kann man darüber reden, Moskau 1964 (russ. Übersetzung aus dem Englischen).

Heisenberg, Werner (1942), Ordnung der Wirklichkeit. in: Werner Heisenberg: Gesammelte Werke. Herausgegeben von Walter Blum, Hans-Peter Dürr und Helmut Rechenberg. Abteilung C Allgemeinverständliche Schriften. Band 1. Physik und Erkenntnis 1927-1955. München, Zürich 1984, S. 295.

Heisenberg, Werner (1967), Einführung in die einheitliche Feldtheorie der Elementarteilchen, Stuttgart: Hirzel Verlag.

Heisenberg, Werner (1969), Der Teil und das Ganze. Gespräche im Umkreis der Atomphysik. München: Piper 1. Auflage 1969).

Hörz, Herbert (1956/57), Bemerkungen zur marxistischen Kritik von philosophischen Anschauungen bürgerlicher Einzelwissenschaftler. In: Wissenschaftliche Zeitschrift der TH Dresden, 6 (1956/57) 3, S. 611-613.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Hörz, Herbert (1960), Die philosophische Bedeutung der Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen. In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie, 8 (1960) 6, S. 702-709.

Hörz, Herbert (1963a), Zur richtigen Einschätzung großer Naturforscher. In: Physik in der Schule, 1 (1963) 4, S. 127-132.

Hörz, Herbert (1963b), Dialektische Bewegungsauffassung und die Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen. In: Physik in der Schule 1 (1963) 5, S. 167-172.

Hörz, Herbert (1964), Atome, Kausalität, Quantensprünge. Quantentheorie philosophisch betrachtet. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften.

Hörz, Herbert (1965), Philosophische Hypothesen und moderne Physik. In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie, 13 (1965) Sonderh., S. 313-320.

Hörz, Herbert (1969), Zur heuristischen Funktion der marxistisch-leninistischen Philosophie in der naturwissenschaftlichen Forschung. In: A. Griese, H. Laitko (Hrsg.): Weltanschauung und Methode. Berlin: DVW, 1969, S. 21-50.

Hörz, Herbert (1971), Materiestruktur. Dialektischer Materialismus und Elementarteilchenphysik. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften.

Hörz, Herbert (1973), Naturerkenntnis und Ethik. In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie, 21(1973) Sonderh., S. 84-103.

Hörz, Herbert (1976), Marxistische Philosophie und Naturwissenschaften. 2. Auflage Berlin: Akademie-Verlag.

Hörz, Herbert (1982), Werner Heisenberg. In: E. Lange, D. Alexander (Hrsg.): Philosophenlexikon. Berlin: Dietz Verlag 1982 (2. Aufl. 1983; 3. Aufl. 1984), S. 358-361.

Hörz, Herbert (1987), Rezension zu: Werner Heisenberg, Gesammelte Werke, Hrsg. W. Blum, H.-P. Dürr, H. Rechenberg, Abt. C: Allgemeinverständliche Schriften, Bd. 1: Physik und Erkenntnis 1927-1955, München, Zürich 1984. In: DLZ, 108 (1987) 9, Sp. 648-650.

Hörz, Herbert (1993), Zum Verhältnis von Theorie und Experiment. In: B. Geyer (Hrsg.): Werner Heisenberg – Physiker und Philosoph. Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum Akademischer Verlag, 1993, S. 220-228.

Hörz, Herbert (1994), Verstehen als Ordnung durch Mathematik (Erkenntnistheoretische Reflexionen von Werner Heisenberg). In: W. Schröder, H.-J. Treder (eds.): Reflections on Physics and Geophysics. Bremen-Rönnebeck: Interdivisional Commission on History of the International Association of Geomagnetism und Aeronomy, 1994, S. 171-192.

Hörz, Herbert (1997), Brückenschlag zwischen zwei Kulturen. Helmholtz in der Korrespondenz mit Geisteswissenschaftlern und Künstlern Marburg: Basilisken-Presse.

Hörz, Herbert (1998), Mathematische Ordnung der Wirklichkeit – Philosophische Reflexionen zur Weltsicht von Helmholtz und Heisenberg. In: K. Mainzer, A. Müller, W. G. Saltzer (eds.): From Simplicity to Complexity. Part II: Information, Interaction, Emergence. Braunschweig, Wiesbaden: Friedrich Vieweg & Sohn, 1998, S. 171-188.

Hörz, Herbert (1999), Philosophie und physikalische Erkenntnis. (Rezension) In: Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät Band 33, Jg. 1999, S. 153-157.

Hörz, Herbert (2000), Naturphilosophie als Heuristik? Korrespondenz zwischen Hermann von Helmholtz und Lord Kelvin (William Thomson). Marburg: Basilisken-Presse.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Hörz, Herbert (2002), Heisenberg – Determinismus und die Folgen. In: G. Klose, K. Reiprich (Hrsg.): Werner Heisenberg. Vorträge zum 100. Geburtstag. Rohrbacher Kreis, Sonderh. Leipzig: Rosa-Luxemburg-Stiftung Sachsen, 2002, S. 21-48.

Hörz, Herbert (2003), Kosmische Rätsel in philosophischer Sicht. Bemerkungen zu philosophisch-kosmologischen Betrachtungen von Hans-Jürgen Treder. In: Leibniz-Sozietät / Sitzungsberichte 61 (2003) S. 17-34.

Hörz, Herbert (2005), Lebenswenden. Vom Werden und Wirken eines Philosophen vor, in und nach der DDR. Berlin: trafo Verlag.

Hörz, Herbert (2007), Ist Wissenschaft eine moralische Instanz? – Zum gesellschaftskritischen Wirken von Karl Lanius In: Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin 93 (2007), S. 25-50.

Hörz, Herbert (2008), Zur Balance zwischen rationaler und ästhetischer Aneignung der Welt. In: Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, 97(2008), S. 153-176.

Hörz, Herbert (2012), Hegel, Lenin und die Dialektik. Anmerkungen von Georg Klaus zu W. I. Lenin „Aus dem Philosophischen Nachlass“. Vortrag auf der gemeinsamen Tagung der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, der Deutschen Gesellschaft für Kybernetik und der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin am 7. und 8.12. 2012 in Berlin zum Thema „Kybernetik, Informatik, Logik und Semiotik. Aus philosophischer Sicht /Zur Dialektik ihrer ambivalenten Wirkungen. Zum 100. Geburtstag von Georg Klaus. (im Druck).

Hörz, Herbert, Schimming, Rainer (2009), Die unglaubliche Effektivität der Mathematik in den Wissenschaften. Zur Konzeption eines Rationalen Potenzialismus, in: Gerhard Banse (Hrsg.), Die Mathematik im System der Wissenschaften. Ergebnisse der Wissenschaftlichen Arbeitstagung der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften vom 27. Juni 2008, Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften Bd. 24, Berlin: trafo Verlag.

Hörz, Herbert, Laitko, Hubert (2012), Akademie und Universität in historischer und aktueller Sicht: Arbeitsteilungen, Konkurrenzen, Kooperationen. Jahreskonferenz der Leibniz-Sozietät 2010. (11. November 2010, Neues Stadthaus Berlin) Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Band 29, Berlin: trafo Verlag.

Lassner, Gerd (2003), Gott würfelt nicht. In: Banse, Gerhard, Wollgast, Siegfried (2003) (Hrsg.), Philosophie und Wissenschaft in Vergangenheit und Gegenwart. Festschrift zum 70. Geburtstag von Herbert Hörz, Berlin: trafo Verlag; S. 263-280.

Rose, Paul Lawrence (2001), Heisenberg und das Atombombenprojekt der Nazis. Zürich: Pendo Verlag.

Schimming, Rainer, Hörz, Herbert (2009), Prinzipien der Physik, in: Sitzungsberichte Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Band 101 (2009), S. 111-133.

Sommerfeld, Erdmute, Hörz, Herbert, Krause, Werner (Hrsg.) (2010), Einfachheit als Wirk-, Erkenntnis- und Gestaltungsprinzip. Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Band 108.

Tappen, Otto (1967), Das neue Buch: Herbert Hörz, Werner Heisenberg und die Philosophie. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, (Ost)-Berlin. Frankfurter Rundschau vom 20.3.1967, S. 4.

Treder, Hans-Jürgen (1999), Über die Unvollendbarkeit der menschlichen Erkenntnis, hrg. von Doris Kiekeben, Leibniz-Arbeitskreis Berlin e.V., Edition Weltfenster.

Ulrich, Gerhard, Treder, Hans-Jürgen (2000), Im Spannungsfeld zwischen Aletheia und Asklepios. Briefwechsel zwischen G. Ulrich und H.-J. Treder. Düsseldorf: nexus GmbH.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

10.08.1966

BRIEFWECHSEL ZWISCHEN HERBERT HÖRZ UND WERNER HEISENBERG.

Prof. Dr. Werner Heisenberg
Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik
8 München 23
Föhringer Ring 6

Hochverehrter Herr Kollege!

Schon seit langem beschäftige ich mich mit Ihren Auffassungen zu modernen philosophischen Problemen. Mein Spezialgebiet sind philosophische Probleme der modernen Physik. Im vergangenen Jahr habe ich das Manuskript fertiggestellt, das sich mit dem Verhältnis von Philosophie und Physik befaßt, dargestellt an Ihren Arbeiten. Mir geht es dabei allgemein um die Rolle, die die moderne Physik spielen kann, um die Philosophie voranzubringen, speziell aber um eine kritische Würdigung der Anregungen, die Sie selbst für die philosophische Arbeit gegeben haben und noch geben.

Anlaß für die Herausgabe dieses Buches ist Ihr bevorstehender 65. Geburtstag. Sicher sind in vielen Arbeiten schon Ihre Verdienste um die Physik gewürdigt worden. Mir scheint es jedoch auch wichtig zu sein, die aus der physikalischen Arbeit entstehenden erkenntnistheoretischen, methodologischen und allgemeinen philosophischen Probleme unseren Studenten in ihrer ganzen Kompliziertheit zu zeigen. Da Sie sich auch immer um die Ausarbeitung und Popularisierung der philosophischen Konsequenzen der modernen Physik verdient gemacht haben und für viele jüngere Wissenschaftler Vorbild sind, ist eine Darstellung des Verhältnisses von Philosophie und Physik in Ihren Arbeiten auch ein Bedürfnis für den Philosophen.

Sicher erwarten Sie keine einfache Wiederholung Ihrer Auffassungen. Ich habe meinen Standpunkt dazu dargelegt, auch polemisiert und Beziehungen zur dialektisch-materialistischen Interpretation der Ergebnisse der modernen Physik dargelegt. Mit manchem werden Sie vielleicht nicht einverstanden sein. Ich hoffe jedoch auch bei der Polemik den Boden des sachlichen Argumentierens nicht verlassen zu haben. Es wäre mir sehr lieb, wenn Sie den Empfang des Buches bestätigen würden und mir Ihre Meinung dazu mitteilen könnten. Kritische Hinweise könnten dann in einer zweiten Auflage berücksichtigt werden. Auch wäre ich daran interessiert, von Ihnen zu erfahren, wo Sie die Argumentation als ungenügend empfinden. Ich betone das deshalb, weil ich glaube, daß der dialektische Materialismus, den ich vertrete, oft einseitig betrachtet wird und manche seiner Argumente nicht ernst genommen werden, weil sie als nicht genügend beweiskräftig angesehen werden.

Ich hoffe, daß Ihnen das Lesen des Buches nicht nur Mühe bereitet.

Mit vorzüglicher Hochachtung

(Prof. Dr. phil. habil. Herbert Hörz)

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik
Institut für Physik 8 München, 29.8.1966
Prof. W. Heisenberg Föhringer Ring 6

Herrn
Professor Dr. Herbert Hörz
Institut für Philosophie
der Philosophischen Fakultät
der Humboldt-Universität Berlin
Berlin W 8
Universitätsstr. 3 b

Sehr geehrter Herr Kollege!

Haben Sie den besten Dank für Ihren Brief und die Übersendung Ihres Buches über meine Stellung zur Philosophie, das ich zwar noch nicht vollständig, aber doch schon recht ausführlich studiert habe. Es hat mich gefreut, zu sehen, dass Sie an vielen Stellen herausgefunden haben, was mir wirklich wichtig ist und dass Sie meine Meinung dort richtig wiedergegeben haben. Auch dort, wo Sie selbst anderer Meinung sind, haben Sie meinen eigenen Ansichten, so scheint mir, volle Gerechtigkeit widerfahren lassen. Im ganzen bin ich mir ja durchaus bewusst, dass ich nur ein Dilettant in der Philosophie bin; ich habe viel zu wenig gelesen, um mit voller Verantwortung über diese schwierigen Probleme sprechen zu können. Andererseits habe ich die Skepsis gegenüber den Möglichkeiten der Sprache, die Sie ja auch in Ihren Buch hervorheben, sehr früh von Niels Bohr gelernt; und die damit verbundene Erkenntnis hat für mich die Philosophie schon immer von den exakten Wissenschaften weg in die Richtung der Weltanschauung verschoben. Man braucht ja nicht so skeptisch zu sein wie Plato im 7. Brief, der glaubt, dass man das wahre Wissen überhaupt nicht sprachlich formulieren könne. Aber wahrscheinlich muss man sich eben einmal für eine Sprache entscheiden, in der man über die Zusammenhänge der Welt, d. h. über die Grundfragen der Philosophie sprechen will. Niels Bohr hat einmal formuliert, dass es sich bei der Religion (oder bei der „Weltanschauung“) um den Versuch handelt, das Leben in einer Gemeinschaft durch den Gebrauch einer verbindlichen Sprache über die allgemeinen Fragen zu harmonisieren. Daher betrifft die Entscheidung über die philosophische Sprache, die man verwendet, wohl auch immer in irgendeiner Form das Zusammenleben mit einer grösseren menschlichen Gemeinschaft, der man sich zugehörig fühlt. So verstehe ich jedenfalls Ihre Entscheidung für die Sprache des dialektischen Materialismus, und so verstehen Sie sicher auch, dass ich selbst eine Sprache bevorzuge, in der die Gewichte anders verteilt sind.

Auf viel festerem Boden steht man natürlich, wenn man über die Physik der Elementarteilchen diskutiert, und ich habe mich darüber gefreut, dass Sie diesen Problemkreis in Ihrem Buch so ausführlich abgehandelt haben. Vielleicht interessiert es Sie, dass ich jetzt gerade ein Buch abgeschlossen habe, das in den nächsten Monaten unter dem Titel „Einführung in die einheitliche Feldtheorie der Elementarteilchen“ erscheinen wird (in deutscher Sprache bei Hirzel, in englischer Sprache bei Wiley). Die hier in München entwickelte Theorie hat sich in den letzten Jahren so weit vervollkommnet, dass mir die Darstellung in einem Buch möglich erschien, und ich hoffe, dass die Grundgedanken dieser Theorie damit auch einem weiteren Kreis von jüngeren Physikern zugänglich werden.

Zum Schluss möchte ich Ihnen noch einmal für die gute Darstellung dieses Wechselspiels zwischen exakter Naturwissenschaft und Philosophie danken, das sich in den nächsten Jahrzehnten sicher noch fortsetzen wird.

Mit den besten Grüssen Ihr W. Heisenberg

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

6.4.1967

Prof. Dr. Werner Heisenberg
Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik
8 München 23
Föhringer Ring 6

Hochverehrter Herr Kollege!

Entschuldigen Sie, daß ich mich mit einer Bitte an Sie wende. Mein Buch „Werner Heisenberg und die Philosophie“ war schon nach kurzer Zeit vergriffen. Der Verlag ist deshalb an mich herangetreten. Er möchte eine zweite durchgesehene Auflage herausgeben. Im Vorwort zu dieser Auflage möchte ich nun gern einige Stellen aus Ihrem Brief an mich zitieren. Ich bitte Sie, mir das zu erlauben und hoffe, daß Sie mir die Bitte nicht abschlagen.

Sollten Sie noch kritische Hinweise oder andere Bemerkungen haben, dann teilen Sie mir diese bitte mit. Es bestünde die Möglichkeit, in der neuen Auflage darauf einzugehen.

Mit vorzüglicher Hochachtung

(Prof. Dr. Herbert Hörz)

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik
Institut für Physik 8 München, 11. April 1967
Prof. W. Heisenberg Föhringer Ring 6

Herrn
Professor Dr. Herbert Hörz
Institut für Philosophie
der Philosophischen Fakultät
der Humboldt-Universität Berlin
Berlin W 8
Universitätsstr. 3 b

Sehr geehrter Herr Kollege!

Bevor ich auf die Frage Ihres Briefes eine Antwort gebe, möchte ich Sie bitten, mir genauer die Stellen in meinem Brief zu bezeichnen, die Sie im Vorwort zur 2. Auflage Ihres Buches abdrucken möchten. Es besteht ja, wenn man aus einem längeren Text einige Sätze herausnimmt, immer die Gefahr, daß diese Ausschnitte einen anderen Eindruck vermitteln als der volle Text. Daher wäre ich dankbar, vorher die von Ihnen gewünschten Ausschnitte zu kennen.

Mit den besten Grüßen Ihr W. Heisenberg

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

24.4.1967

Prof. Dr. Werner Heisenberg
Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik
8 München 23
Föhringer Ring 6

Hochverehrter Herr Kollege!

Herzlichen Dank für die schnelle Beantwortung meines Briefes. Selbstverständlich verstehe ich Ihre Sorge, daß durch Zitate aus einem längeren Text die Gefahr eines falschen Eindrucks entsteht. Da ich in der nächsten Zeit das Vorwort schreibe, werde ich Ihnen den vollen Text des Vorwortes zuschicken. Sie können mir dann schreiben, ob Sie damit einverstanden sind. Sollte Ihre Auffassung dort nicht richtig wiedergegeben sein, so besteht immer noch die Möglichkeit zur Korrektur.

Ich denke, daß ich das Manuskript Ihnen noch im Mai zuschicken kann.

Mit vorzüglicher Hochachtung

Prof. Dr. habil. H. Hörz

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

12.5.1967

Unter den Linden 6
Prof. Dr. Herbert Hörz

Prof. Dr. Werner Heisenberg
Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik
8 München 23
Föhringer Ring 6

Hochverehrter Herr Kollege!

Ich schicke Ihnen, wie versprochen, den Entwurf für das Vorwort zur 2. Auflage meines Buches „Werner Heisenberg und die Philosophie“. Ich möchte Sie bitten, mir das Einverständnis zu geben, aus Ihrem Brief zu zitieren, wie ich das auf Seite 2 auch betone. Selbstverständlich habe ich das Manuskript dem Verlag noch nicht übergeben, da ich erst Ihre Antwort abwarten möchte. Sollten Sie noch Wünsche haben, die eine bessere Darstellung Ihrer Auffassungen betreffen, so teilen Sie mir diese bitte mit.

Das Buch hat großen Anklang nicht nur in unserem Land, sondern auch bei vielen Fachkollegen im Ausland gefunden. Das ist aus den Briefen zu entnehmen, die ich erhalten habe.

Ich möchte Ihnen außerdem einen Sonderdruck überreichen, der sich mit den Auswirkungen der modernen Physik auf den Materialismus befaßt. Sicher wird Sie dieses allgemeinere Problem nicht so sehr interessieren, wie die spezielleren philosophischen Probleme der Physik. Da ich auch Ihren Mitarbeiter Herrn Dr. Mittelstaedt zitiere, möchte ich Sie bitten, ihm ebenfalls einen Sonderdruck zu geben.

Ich hoffe, daß ich Ihre Auffassung in meinem Vorwort nicht entstellt habe. Ich habe mich bemüht, Ihre Meinung richtig zu erfassen. Die Bitte um ein Geleitwort möchte ich gar nicht erst aussprechen, da ich weiß, wieviel andere Aufgaben Sie zu erfüllen haben. Vielleicht gibt es auch andere Bedenken dagegen. Sollten Sie dennoch eine Möglichkeit sehen, ein kurzes Geleitwort zu schreiben, so bitte ich Sie, mich davon in Kenntnis zu setzen.

Ich danke Ihnen für Ihre Mühe und verbleibe mit
vorzüglicher Hochachtung

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik
Institut für Physik 8 München, 22. Mai 1967
Prof. W. Heisenberg Föhringer Ring 6

Herrn
Professor Dr. Herbert Hörz
Institut für Philosophie
der Philosophischen Fakultät
der Humboldt-Universität Berlin
Berlin W 8
Universitätsstr. 3 b

Sehr geehrter Herr Kollege!

Mit dem Zitat aus meinem Brief, das Sie im Vorwort zur 2. Auflage bringen wollen, bin ich durchaus einverstanden. Es freut mich, daß Ihr Buch Erfolg hat und damit zu weiterem Nachdenken über das Grenzgebiet zwischen Physik und Philosophie anregt.

Mit den besten Grüßen Ihr W. Heisenberg

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik
Institut für Physik 8 München, 3. Dezember 1968
Prof. W. Heisenberg Föhringer Ring 6

Herrn
Professor Dr. Herbert Hörz
Sektion Philosophie
der Humboldt-Universität zu Berlin
X 108 Berlin W 8
Unter den Linden 6

Sehr geehrter Herr Kollege!

Haben Sie den besten Dank für die Übersendung der 2. Auflage Ihres Buches. Wenn Sie den Entwurf eines neuen Abschnittes geschrieben haben, dessen Inhalt mit meinem Goethe-Vortrag in Weimar zusammenhängt, würde ich mich auch dafür interessieren.

Mit den besten Grüßen Ihr W. Heisenberg

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik
Institut für Physik 8 München, 4. Januar 1972
Prof. W. Heisenberg Föhringer Ring 6

Herrn
Professor Dr. Herbert Hörz
Sektion Marxistisch-Leninistische
Philosophie der
Humboldt-Universität zu Berlin
X 108 Berlin W 8
Unter den Linden 6

Sehr geehrter Herr Kollege!

Haben Sie herzlichen Dank für die Übersendung Ihres Buches aber die Materie-Struktur, in dem Sie die Elementarteilchen-Physik vom weltanschaulichen Standpunkt des dialektischen Materialismus aus diskutieren. Es wird infolge mancherlei anderer Verpflichtungen noch eine Zeitlang dauern, bis ich zum Studium Ihres Buches komme; aber das Thema interessiert mich sehr. Ich hoffe, daß die Kritik an der kommunistischen Bewegung, die ich in meinem Buch „Der Teil und das Ganze“ ausgesprochen habe, Sie nicht allzu sehr zum Protest herausfordert. Sicher werden auch Sie sich der fundamentalen Schwierigkeit bewußt sein, daß eine Weltanschauung, die für die Menschen – auch für die einfachen Menschen – die Grundlage der Entscheidungen bilden muß, sich nicht schnell ändern darf, während sich die Wissenschaft in ihren Erkenntnissen, besonders in unserem Jahrhundert, sehr schnell ändert. Dieses Problem war die Grundlage des Prozesses der Kirche gegen Galilei; es ist neu aufgetaucht bei der Frage nach der Anerkennung der Relativitätstheorie und der Quantentheorie im modernen Russland, und es wird natürlich wieder auftauchen im Zusammenhang mit der Elementarteilchentheorie. Einfache Lösungen gibt es sicher nicht, aber vielleicht ist es schon eine Hilfe, wenn man sich über die Wichtigkeit des Problems klar wird.

Mit den besten Wünschen für das neue Jahr Ihr W. Heisenberg

* * *

Rezension im Journal „Der Spiegel“ über das Buch von Herbert Hörz „Werner Heisenberg und die Philosophie“.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

MINISTERRAT DER DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN REPUBLIK

Ministerium für Hoch- und Fachschulwesen

HA Internationale Beziehungen
– Abteilung Ausland II –

Herrn
Prof. Dr. Herbert Hörz
Philosophische Fakultät

108 Berlin
Unter den Linden 6

19.3.1968

Sehr geehrter Herr Professor Hörz!

Nach eingehender Beratung teilen wir Ihnen mit, daß z. Zt. kein unmittelbares politisch-wissenschaftliches Interesse für eine Reise zu Herrn Prof. Heisenberg besteht.

Mit vorzüglicher Hochachtung
Hochhaus
Stellv. Abteilungsleiter.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

[7]

VORWORT

Anlaß für die Herausgabe dieses Buches war der 65. Geburtstag Werner Heisenbergs. Innerhalb kurzer Zeit war die erste Auflage vergriffen. Der Bitte des Verlages, eine 2. Auflage herauszugeben, komme ich gern nach.

Interessant für den Leser mögen vor allem die im Leben Heisenbergs vielfach verflochtenen Beziehungen zwischen Physik, Philosophie und Politik sein. Kein Wissenschaftler wird in seiner Denkweise und in seinen Handlungen allein durch die Entwicklung seiner Wissenschaft bestimmt. Tradition, Familie, Lehrer, Kollegen, Zeitereignisse und eigene Erfahrungen sind Komponenten, die manchmal widersprüchlichen Einfluß auf die Arbeitsweise des einzelnen haben: Die Analyse philosophischer Auffassungen hervorragender Einzelwissenschaftler ist sehr gut geeignet, das komplizierte Wechselverhältnis zwischen Philosophie und Naturwissenschaft darzustellen. Dabei muß man die philosophischen Aussagen eines so hervorragenden Physikers, wie Werner Heisenberg, differenzieren. Manchmal sind philosophische Probleme von den physikalischen Erkenntnissen kaum zu trennen. Die philosophische Frage nach der Teilbarkeit elementarster Objekte ist heute untrennbar mit den Ergebnissen der Elementarteilchentheorie verbunden. Andererseits können neue Denkweisen, die sich in einer Wissenschaft herausbilden, fruchtbar auf andere Wissensbereiche angewandt werden. Nehmen wir nur das von der Physik ausgearbeitete Verhältnis von dynamischen und statistischen Gesetzen, das, philosophisch verallgemeinert, in vielen Wissenschaften berücksichtigt wird. Heisenberg bemüht sich stets um die Popularisierung des philosophischen Gehalts der modernen Physik, der auch in der Bedeutung physikalischer Erkenntnisse für andere Wissenschaften zum Ausdruck kommt. Hinzu kommen noch die Meinungen des Physikers zu den Grundproblemen der Philosophie, zur Gesellschaftstheorie und zur Philosophie selbst. Das erst ergibt das Spektrum der philosophischen Auffassungen. So kann mancher Denker ein ausgezeichneter Philosoph in seiner einzelwissenschaftlichen Arbeit sein, ohne selbst mit philosophischen Werken an die Öffentlichkeit zu treten. Das sollte auch bei der Darlegung der philosophischen Ansichten Heisenbergs verdeutlicht werden.

Mancher Leser wird sich die Frage gestellt haben, wie Werner Heisenberg selbst zur Analyse seiner philosophischen Auffassungen steht, die von einem marxistischen Philosophen vorgenommen wurde. Um diese Frage beantworten zu können, möchte ich mit dem Einverständnis von Werner Heisenberg aus unserem Briefwechsel zitieren. In meinem Brief heißt es: „Sicher sind in vielen Arbeiten schon Ihre Verdienste um die Physik gewürdigt worden. Mir scheint es jedoch auch wichtig zu sein, die aus der physikalischen Arbeit ent-[8]stehenden erkenntnistheoretischen, methodologischen und allgemeinen philosophischen Probleme unserer Studenten in ihrer ganzen Kompliziertheit zu zeigen. Da Sie sich auch immer um die Ausarbeitung und Popularisierung der philosophischen Konsequenzen der modernen Physik verdient gemacht haben und für viele jüngere Wissenschaftler Vorbild sind, ist eine Darstellung des Verhältnisses von Philosophie und Physik in Ihren Arbeiten auch ein Bedürfnis für den Philosophen.

Sicher erwarten Sie keine einfache Wiederholung Ihrer Auffassungen. Ich habe meinen Standpunkt dazu dargelegt, auch polemisiert und Beziehungen zur dialektisch-materialistischen Interpretation der Ergebnisse der modernen Physik dargelegt. Mit manchem werden Sie vielleicht nicht einverstanden sein. Ich hoffe jedoch auch bei der Polemik den Boden sachlichen Argumentierens nicht verlassen zu haben.“

Heisenberg antwortete darauf: „Es bat mich gefreut, zu sehen, daß Sie an vielen Stellen herausgefunden haben, was mir wirklich wichtig ist und daß Sie meine Meinung dort richtig wiedergegeben haben. Auch dort, wo Sie selbst anderer Meinung sind, haben Sie meinen

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

eigenen Ansichten, so scheint mir, volle Gerechtigkeit widerfahren lassen.“ Es geht also um den sachlichen Meinungsstreit zwischen dem marxistischen Philosophen und dem Physiker, der teilweise dem dialektischen Materialismus sogar ablehnend gegenübersteht, um die philosophische Interpretation der modernen physikalischen Erkenntnisse.

Dabei ist keine Philosophie nur die Verallgemeinerung naturwissenschaftlicher Theorien. Sie ist Weltanschauung und charakterisiert die Stellung bestimmter Gesellschaftsgruppen zu solchen Grundproblemen menschlicher Existenz, wie der Ursprung der Welt und unseres Wissens, der Stellung des Menschen in der Welt und dem Sinn des Lebens. Diese Rolle der Philosophie wird auch von Heisenberg in seinem Brief unterstrichen: „Andererseits habe ich die Skepsis gegenüber den Möglichkeiten der Sprache, die Sie ja auch in Ihrem Buch hervorheben, sehr früh von Niels Bohr gelernt; und die damit verbundene Erkenntnis hat für mich die Philosophie schon immer von den exakten Wissenschaften weg in die Richtung der Weltanschauung verschoben ... Aber wahrscheinlich muß man sich eben einmal für eine Sprache entscheiden, in der man über die Zusammenhänge der Welt, d. h. über die Grundfragen der Philosophie sprechen will. Niels Bohr hat einmal formuliert, daß es sich bei der Religion (oder bei der ‚Weltanschauung‘) um den Versuch handelt, das Leben in einer Gemeinschaft durch den Gebrauch einer verbindlichen Sprache über die allgemeinen Fragen zu harmonisieren. Daher betrifft die Entscheidung über die philosophische Sprache, die man verwendet, wohl auch immer in irgendeiner Form das Zusammenleben mit einer größeren [9] menschlichen Gemeinschaft, der man sich zugehörig fühlt. So verstehe ich jedenfalls Ihre Entscheidung für die Sprache des dialektischen Materialismus, und so verstehen Sie sicher auch, daß ich selbst eine Sprache bevorzuge, in der die Gewichte anders verteilt sind.“

Unsere Weltanschauungen sind verschieden. Das kann uns jedoch nicht an der sachlichen Auseinandersetzung um die philosophischen Probleme der modernen Physik hindern, für deren richtige Lösung es ein Kriterium gibt, das sowohl der Physiker als auch der marxistische Philosoph anerkennt, die durch Experimente bestätigte physikalische Theorie. In diesem Vorwort kann nicht der Streit um die Wissenschaftlichkeit der Weltanschauung geführt werden. Eine wissenschaftliche Weltanschauung darf jedoch den einzelwissenschaftlichen Erkenntnissen nicht widersprechen.

Ich möchte vor allem den Gedanken Heisenbergs unterstreichen, daß die Philosophie durch die gesellschaftliche Entwicklung und die Geschichte der Kultur mitbestimmt ist. Deshalb ist die Entscheidung für eine Philosophie zugleich eine Entscheidung für die Gemeinschaft, deren Interessen in dieser Philosophie zum Ausdruck gebracht werden. Ich bin marxistischer Philosoph und die marxistische Philosophie ist die theoretische Grundlage des wissenschaftlichen Sozialismus.

Aber nicht jede philosophische Aussage berührt schon die gesellschaftlichen Interessen. Deshalb meint auch Heisenberg in seinem Brief: „Auf viel festerem Boden steht man natürlich, wenn man über die Physik der Elementarteilchen diskutiert, und ich habe mich darüber gefreut, daß Sie diesen Problemkreis in Ihrem Buch so ausführlich abgehandelt haben.“ Hier geht es um philosophische Hypothesen über das Verhältnis von Teil und Ganzem, Symmetrie und Asymmetrie usw., deren Bestätigung oder Widerlegung direkt von der weiteren Entwicklung der Elementarteilchentheorie abhängig ist. Da die Elementarteilchentheorie noch nicht allseitig ausgearbeitet ist, ist das ein weites Feld für den Meinungsstreit zwischen den Physikern, die sich mit den philosophischen Problemen ihres Fachs befassen und den Philosophen, die den philosophischen Gehalt dieser physikalischen Theorien analysieren wollen. Dabei unterscheiden sich die Forschungs- und Darstellungsweise des Physikers und des marxistischen Philosophen voneinander. Nichts wäre jedoch schädlicher für beide, als ein bloßes Nebeneinanderbestehen von Philosophie und Physik auf der Grundlage gegenseitiger Duldung oder sogar Nichtbeachtung. Die Philosophie kann sich nur entwickeln, wenn sie Impulse aufnimmt,

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

die aus der Naturwissenschaft entspringen. Jedoch auch der Physiker kann Denkanregungen von der Philosophie erhalten. Um diese zweiseitigen Beziehungen zwischen Philosophie und Physik geht es in meinem Buch. Heisenberg schrieb dazu: „Zum Schluß möchte ich Ihnen noch einmal für [10] die gute Darstellung dieses Wechselspiels zwischen exakter Naturwissenschaft und Philosophie danken, was sich in den nächsten Jahrzehnten sicher noch fortsetzen wird."

Die Zusammenarbeit zwischen Philosophen und Naturwissenschaftlern ist bei uns nicht nur Deklaration geblieben. Seit 1959 werden an der Berliner Universität am Lehrstuhl Philosophische Probleme der modernen Naturwissenschaften umfangreiche Forschungsarbeiten durch junge Naturwissenschaftler und Philosophen durchgeführt, deren Ergebnisse in vielen Publikationen, Konferenzen und Vorträgen dargelegt wurden. Ich selbst habe viele Anregungen in der gemeinsamen Diskussion erhalten.

Wegen der kurzen Zeit, die seit dem Erscheinen des Buches vergangen ist, sind für die zweite Auflage noch keine wesentlichen Änderungen erforderlich. Das Buch wurde deshalb noch einmal durchgesehen und im wesentlichen unverändert nachgedruckt.

Berlin, Mai 1967 *Herbert Hörz*

[11]

EINLEITUNG

Werner Heisenberg ist einer der hervorragendsten Denker in der Entwicklung der Physik unseres Jahrhunderts. Er war an der Begründung der Quantenmechanik mitbeteiligt, arbeitete an der Entwicklung der Kerntechnik und stellte ein Programm für eine einheitliche Theorie der Elementarteilchen auf. Schon als Student, Assistent und junger Physikprofessor beschäftigte er sich mit den für das philosophische Denken wesentlichen Begriffsumwälzungen in der modernen Physik. Sein Leben ist ohne die Entwicklung der Physik nicht zu verstehen. Anders ausgedrückt, er selbst gab der Physik unseres Jahrhunderts zusammen mit anderen bedeutenden Wissenschaftlern der älteren und jüngeren Generation das Gepräge. Seine Ansichten zu philosophischen Fragen der Physik sind deshalb, wenn auch von den persönlichen Eigenheiten her bestimmt, Ausdruck einer ganzen philosophischen Richtung, die sich unter den Quantenphysikern herausgebildet hatte.

Wir wollen am Beispiel Heisenbergs die vielfältigen Beziehungen zwischen Philosophie und Physik aufzeigen und dabei Heisenbergs philosophische Ansichten kritisch würdigen. Er war Schüler solcher bekannten Physiker wie Sommerfeld, Born und Bohr und hat selbst eine ganze Generation von Physikern beeinflußt. Seine Probleme sind die Probleme der Physik. Seine erkenntnistheoretischen und methodologischen Fragen sind aus der mit der physikalischen Forschung verbundenen neuen philosophischen Denkweise vieler Physiker entstanden.

Die Einschätzung der philosophischen Ansichten eines so prominenten Physikers wie Heisenberg ist sehr kompliziert. Man darf dabei nicht nur vor allem die direkten Aussagen zur Philosophie betrachten, sondern muß insbesondere den immanenten philosophischen Gehalt seiner Theorien untersuchen. Wie bei vielen anderen Naturwissenschaftlern zeigt sich auch bei Heisenberg ein Wissen um die Bedeutung philosophischer Überlegungen für die einzelwissenschaftliche Begriffs- und Theorienbildung. Die Entwicklung seiner philosophischen Auffassungen ist ein Prozeß von der einfachen Ablehnung mechanisch-materialistischer Gedanken zur Entwicklung materialistischer und dialektischer Elemente in seiner allgemeinen Naturauffassung. Hinter seinen philosophischen Äußerungen stecken meist mehr Probleme, als es oft den Anschein hat. Vor allem darf man nicht voreilig auf Grund von Worten zu einer Einschätzung der philosophischen Haltung kommen. Der Gebrauch des Terminus „Indeterminismus" beispielsweise macht Heisenberg nicht gleich zum philosophischen Indeterministen, also etwa zum Verfechter des Glaubens an Wunder in der Naturwissenschaft. Er drückt damit

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

die Einheit von dynamischen und statistischen Gesetzen aus. Jedoch erfordert die [12] Benutzung des Terminus „Indeterminismus“ eine kritische Analyse der damit verbundenen philosophischen Ansichten Heisenbergs.

Philosophie und Physik sind über komplizierte Beziehungen miteinander verbunden, weshalb der philosophische Gehalt physikalischer Aussagen nicht immer offensichtlich ist. Der mit den echten theoretischen Problemen der modernen Physik verbundene Forscher muß sich jedoch auch mit den philosophischen Fragen seines Forschungsgebiets befassen. Dabei wird er den weltanschaulichen Gehalt seiner physikalischen Theorien zu beurteilen versuchen. Natürlich ist es schwer, die objektive Bedeutung eigener Entdeckungen ohne Über- oder Unterschätzung sachlich zu analysieren. Aber wie die Entdeckung selbst, so sind auch ihre objektive Bedeutung, ihr philosophischer Gehalt und ihre weltanschauliche Wirkung nur durch wissenschaftliche Analyse zu erkennen.

Heisenberg ist mit vielen seiner philosophischen Problemstellungen und den dazu entwickelten Ansichten anregend für die Philosophen. Er stellt Fragen, skizziert Antworten und fordert zur Auseinandersetzung auf. Eine kritische Würdigung seiner philosophischen Arbeit muß deshalb ausgehend von seinen physikalischen Leistungen, den rationellen Kern seiner Ansichten herausarbeiten, ohne kritiklos alle Standpunkte zu billigen.

Wir werden uns mit den verschiedenen Problemen auseinandersetzen, die aus der Arbeit Heisenbergs in über vier Jahrzehnten fruchtbaren Schaffens entstanden sind: Das sind die mit der Quantentheorie und der Elementarteilchentheorie zusammenhängenden Probleme; das sind aber auch die von ihm entwickelten erkenntnistheoretischen und methodologischen Prinzipien wissenschaftlicher Arbeit. Um den Zusammenhang von physikalischer Arbeit, persönlicher Erfahrung und philosophischer Ansicht im Leben Heisenbergs besser deutlich werden zu lassen, werden wir uns zuerst mit seinem Leben, seinem Beitrag zur Physik und seinen philosophischen Problemen befassen, um dann im einzelnen die philosophischen Hauptprobleme, nämlich die Wirklichkeitsauffassung, den Determinismus, die These von der materiellen Einheit der Welt und die erkenntnistheoretischen Fragen zu behandeln.

Die von der Physik unseres Jahrhunderts entwickelten Theorien, die Quanten- und die Relativitätstheorie, haben bereits grundlegende Änderungen in der physikalischen Auffassung so allgemeiner Begriffe wie Raum und Zeit, Kausalität usw. mit sich gebracht. Sie haben damit ihre große Bedeutung für eine philosophische Analyse unseres derzeitigen Weltbildes erwiesen. Eine Theorie der Elementarteilchen wird ebenfalls großen Einfluß auf eine philosophische Bewegungs- und Strukturtheorie haben. Sie wird unsere Kenntnis von den elementaren Strukturen der Materie erweitern, das Verhältnis von [13] Teil und Ganzem, Element und System, Symmetrie und Asymmetrie usw. tiefer begreifen lassen. Noch existiert aber keine einheitliche Theorie der Elementarteilchen. Ihrer Aufstellung stehen viele, vor allem mathematische Schwierigkeiten entgegen. Verschiedene Physikergruppen arbeiten an unterschiedlichen theoretischen Ansätzen. Es wird versucht, eine Klassifizierung der Elementarteilchen zu finden, ihre Vielzahl aus wenigen Grundannahmen zu erklären. Eine der aufgestellten Hypothesen zur Erklärung der Elementarteilchen ist die Heisenbergsche einheitliche Feldtheorie. Seitdem Heisenberg 1958 das Interesse der Physiker durch seine Mitteilung erregte, er habe bestimmte Symmetrieeigenschaften der Teilchen mit Hilfe seiner Theorie erklären können, hörte die Diskussion nicht mehr auf. Es gab viele kritische Stimmen. Auf der Lindauer Nobelpreisträgertagung 1965 berichtete Heisenberg über die Berechnung der Sommerfeldschen Feinstrukturkonstante aus seiner Theorie, die an seinem Institut gelang. Dabei war es möglich, bestimmte Schwierigkeiten der Theorie zu beseitigen, die durch die Existenz von Teilchen ohne Ruhemasse, den Photonen, entstanden waren. Diese erscheinen jetzt als Bindeglieder zwischen den leichten und schweren Elementarteilchen. Aber auch jetzt fand die Heisenbergsche Theorie keinesfalls den Beifall aller Kollegen. Die Situation ist kompliziert; aber

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

gerade das ruft das Interesse des Philosophen hervor. Es werden Hypothesen aufgestellt, allgemeine Ideen diskutiert und immer wieder neue Ansätze zur Entwicklung einer Elementarteilchentheorie vorgeschlagen. Noch ist es nicht gelungen, Quanten- und Relativitätstheorie zu vereinigen. Die Beachtung relativistischer Forderungen in der Elementarteilchentheorie führt zu Schwierigkeiten. Das zeigt uns, daß das physikalische Material zur philosophischen Analyse selbst noch nicht endgültig ist. Hier kann der Philosoph den Erkenntnisprozeß in seiner ganzen Kompliziertheit betrachten, nicht rückschauend als Historiker, sondern als Zeitgenosse der vor sich gehenden Umwälzung. Er kann sich mit philosophischen Hypothesen an der Diskussion beteiligen. Deshalb hat auch die Betrachtung philosophischer Ansichten von Physikern für die Untersuchung der philosophischen Probleme einer Elementarteilchentheorie große Bedeutung.

Die Physik bietet in ihrer Entwicklung neben abgeschlossenen Theorien auch offene Probleme, die mit einer noch zu entwickelnden Theorie zu klären sind. Heisenberg war an der Ausarbeitung der Quantenmechanik beteiligt, die in ihren Grundzügen als endgültig angesehen werden kann. Diracs Bemerkungen in Lindau auf der Tagung 1965 über eine neue Quantenmechanik werfen die Grunderkenntnisse über den statistischen Charakter der Quantenobjekte nicht um; auch baut Diracs neue Quantenmechanik, ein Ausbau seiner alten Ideen, auf Heisenbergs Matrizenmechanik auf. Heute ist Heisen-[14]berg mit am Aufbau einer bisher noch nicht abgeschlossenen einheitlichen Theorie der Elementarteilchen beteiligt. Die Entwicklung seiner philosophischen Auffassung im Zusammenhang mit der physikalischen Entwicklung ist deshalb besonders interessant. Es wird deutlich, wie sich die philosophische Auffassung des Physikers im Zusammenhang mit seinen physikalischen Arbeiten ändert. Dabei werden auch allgemeine Tendenzen, wie die wachsende Bedeutung der Mathematik für die Arbeit des Physikers, die Entwicklung seiner allgemeinen Theorien und die für den Philosophen vor allem interessante Änderung grundlegender Begriffe ersichtlich.

Deshalb geht es uns nicht nur um eine Würdigung der philosophischen Auffassungen Heisenbergs. Das ist das Ziel dieses Buches. Aber als Ziel ist es zugleich ein Mittel, um die philosophischen Probleme der Physik überhaupt zu verdeutlichen, den philosophischen Hintergrund physikalischer Theorien zu zeigen und die notwendige Einheit von Physik und Philosophie hervorzuheben, die immer mehr die Zusammenarbeit zwischen Physikern und Philosophen zur Lösung gemeinsamer Probleme fordert. [15]

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

I. HEISENBERGS LEBEN, SEIN BEITRAG ZUR ENTWICKLUNG DER PHYSIK UND SEINE PHILOSOPHISCHEN PROBLEME

1. Der Sturz des klassischen physikalischen Weltbildes

Als Werner Karl Heisenberg am 5.12.1901 geboren wurde, hatten die revolutionären Umwälzungen im physikalischen Denken bereits begonnen. Schon 1900, etwa ein Jahr vor der Geburt Heisenbergs, hatte Planck bei seinen Arbeiten zur Hohlraumstrahlung eine neue Strahlungsformel entdeckt, in der das Wirkungsquantum *h* enthalten ist. Die Wirkung und damit auch die Energie konnten, wenn das Wirkungsquantum existierte, nicht mehr jede beliebige Größe annehmen, sondern nur noch als ganzzahliges Vielfaches des elementaren Quantums auftreten. Wie die folgende theoretische Entwicklung zeigte, ergaben sich daraus weitreichende physikalische und philosophische Konsequenzen, die zur Aufstellung der Quantenmechanik führten, an deren Aufbau Werner Heisenberg bereits entscheidenden Anteil hatte.

Als er heranwuchs und während seines Studiums reiften die theoretischen Probleme der Atomphysik und drängten nach ihrer Lösung. 1905 gab Einstein mit Hilfe der Quantenvorstellung eine Deutung des photoelektrischen Effekts, wonach das auf Metall auftreffende Licht aus Energiequanten ($E = h \cdot \nu$) besteht. Das bis dahin unerklärbare Austreten von Elektronen aus Metallen trotz Verminderung der Intensität der Strahlung fand damit eine befriedigende Erklärung. Nicht die Intensität der Lichtwellen bestimmt das Austreten der Elektronen, sondern die Existenz der Energiequanten. Die Quanten sind in der Lage, Elektronen herauszulösen.

So drang die Quantenhypothese trotz vieler Widerstände immer tiefer in das physikalische Denken ein. Es begann sich der Welle-Korpuskel-Dualismus anzudeuten, der später zu vielen physikalischen und philosophischen Diskussionen führte. Noch war er in seiner Allgemeingültigkeit nicht erkannt, aber schon wurde das Umwälzende, das Revolutionäre in der Idee Plancks deutlich. Waren die klassischen Körper als Massenpunkte in der Massenpunktmechanik zu erfassen und die elektromagnetischen Wellen mit Hilfe der Maxwellschen Theorie, so erwiesen sich nach Einsteins Deutung die Wellen ebenfalls als Korpuskeln, aber nicht als klassische Teilchen, sondern als Energiequanten. Bohr meinte später einmal scherzhaft zu dieser Situation: Wenn Einstein mir ein Telegramm schickt, in dem steht, er habe die Energiequanten gefunden, so beweist allein die Ankunft des Telegramms, daß die elektromagnetischen Wellen existieren.

[16] Zweifellos führten die Wellen- und Korpuskelvorstellungen angewandt auf das gleiche Objekt, auf die elektromagnetischen Wellen, zu widersprüchlichen Aussagen. Eine Welle breitet sich nach allen Seiten mit beliebiger Geschwindigkeit gleichmäßig aus und ist nicht lokalisierbar, während ein Korpuskel lokalisierbar ist und sich nur in einer bestimmten Richtung bewegen kann. Zwar hatte in der Geschichte der Physik auf Grund der experimentellen Ergebnisse die Huygenssche Vorstellung von den Lichtwellen gesiegt, aber brachte nicht Einsteins Deutung des Photoeffekts auf der Grundlage von Plancks Entdeckung des Wirkungsquantums eine Neuauflage der Newtonschen Behauptung vom Korpuskelcharakter des Lichts mit sich?

Die Probleme waren gestellt. Neue Forschungen führten zu neuen Fragestellungen, aber auch zur Lösung vieler Probleme, die mit der Struktur des Atoms zusammenhingen. Jedoch erregte neben den Entdeckungen der Atomphysiker eine andere Theorie die Gemüter. Es war die von Einstein 1905 aufgestellte Relativitätstheorie, die eine Erklärung für den negativen Ausgang des Michelson-Experiments gab. Nicht nur die Atomstruktur, sondern auch die Struktur der elektromagnetischen Wellen war Gegenstand der physikalischen Forschung Ende des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts. Es wurde die alte Frage immer wieder gestellt: Welches Medium

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

gestattet dem Licht seine Ausbreitung? Existiert der Äther? Das Michelson-Experiment sollte die Frage beantworten, ob der Äther mit der Erde mitbewegt wird oder relativ zu ihr ruht. Einstein löste das Problem, indem er die Ätherhypothese fallen ließ, die Relativität der Koordinatensysteme anerkannte und damit auch jedes absolute Koordinatensystem verneinte. Es existiert kein ausgezeichnetes Koordinatensystem, an dem die Bewegung anderen Systeme gemessen werden kann. Es gibt keinen absoluten Raum und keine absolute Zeit. Das waren die revolutionären Raum-Zeit-Vorstellungen der Einsteinschen Relativitätstheorie, die auf der Grundlage der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum gewonnen werden konnten.

Damit war der Angriff auf das klassische Weltbild von zwei Seiten aus weitergeführt worden: Unsere Vorstellungen von der Struktur der Körper einerseits und von ihren raum-zeitlichen Beziehungen andererseits wurden revidiert. Der Angriff auf das klassische mechanistische Weltbild hatte schon früher begonnen – und nicht nur von seiten der Physik.

Auf der Grundlage des bis dahin existierenden einzelwissenschaftlichen Materials hatte Engels vor allem gegen den mechanischen Determinismus polemisiert, der die Zufälligkeit verdammte und damit die Notwendigkeit selbst zur Zufälligkeit herabwürdigte, indem er alles als direkt notwendig erklärte. Die von Engels entwickelte Konzeption des dialektischen Determinismus wies die Zurückführung aller materiellen Erscheinungen auf mecha-[17]nische Beziehungen zurück und bekämpfte vor allem den Fatalismus des Laplaceschen Determinismus. Jedoch hatte die Physik selbst noch zu wenig Ergebnisse aufzuweisen, um die dialektisch-deterministische Konzeption auf die Physik selbst ausdehnen zu können. Engels verwies auf die dialektischen Beziehungen zwischen der Physik und den anderen Wissenschaften. Der Angriff auf das mechanistische Weltbild durch den dialektischen Materialismus erfolgte global, von den Ergebnissen vieler Wissenschaften ausgehend, war jedoch von der Physik selbst her noch ungenügend untermauert.

Lenin berücksichtigte bereits neue Ergebnisse der Physik, als er 1908 sein Werk „Materialismus und Empiriokritizismus“ schrieb. Besonders deutlich wird das an der Zentralkategorie des dialektischen Materialismus, dem Materiebegriff. Lenin faßte den Materiebegriff als Widerspiegelung der objektiven Realität in unserem Denken, d. h. dessen, was außerhalb und unabhängig von unserem Bewußtsein existiert und von ihm widergespiegelt werden kann. Damit wurde ausgedrückt, daß der dialektische Materialismus nicht an die Anerkennung von in bestimmter Art und Weise strukturierten Körpern gebunden ist. Er verlangt im Gegenteil die ständige Untersuchung neuer Strukturelemente der Materie. Wie tatsächlich jede Strukturvorstellung durch eine umfassendere ersetzt wurde, hat besonders die Physik mit der Erforschung der Atomstruktur, des Atomkerns und der Elementarteilchen gezeigt; und gerade Heisenberg war an der Entwicklung vieler neuer Ideen beteiligt.

Lenin verwies darauf, daß es zwei Probleme sind, die man lösen muß. Einmal wird die Frage nach den Quellen unseres Wissens gestellt, die der Materialismus durch die Anerkennung des Primats der Materie beantwortet. Andererseits müssen sich die Physik und Philosophie stets von neuem die Frage nach der Art und Weise stellen, in der die Körper, Beziehungen, Eigenschaften und Prozesse existieren. Diese Frage kann nur mit Hilfe der neuesten Erkenntnisse über die Struktur der Materie beantwortet werden, da der Formenreichtum der Materie unendlich ist. Lenins großer Beitrag zur marxistischen Philosophie der Naturwissenschaften bestand eben darin, daß er die Verschiedenheit beiden Probleme zeigte. Damit wurde der mechanisch-materialistischen Materiekonzeption die Grundlage entzogen, die den Materiebegriff an die bisher entdeckten Formen der Materie band.

Dieser philosophische Fortschritt beim Sturz des klassischen Weltbildes fand nur schwer Eingang in das physikalische Denken. Hier stoßen wir auf eine Schwierigkeit, die uns auch bei der Einschätzung der philosophischen Ansichten Heisenbergs öfter begegnen wird. Die dialektisch-materialistische Philosophie hatte die mechanisch-materialistische Materiekonzeption

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

schon überwunden, als für viele Physiker diese Konzeption noch als Ausdruck des Materialismus überhaupt genommen wurde. In seinen Gifford-Vorlesungen [18] 1956/57 an der Universität St. Andrews in Schottland erklärte Werner Heisenberg: „Alle Gegner der Quantentheorie sind sich aber über einen Punkt einig: Es wäre nach ihrer Ansicht wünschenswert, zu der Realitätsvorstellung der klassischen Physik oder, allgemeiner gesprochen, zur Ontologie des Materialismus zurückzukehren, also zur Vorstellung einer objektiven, realen Welt, deren kleinste Teile in der gleichen Weise objektiv existieren wie Steine und Bäume, gleichgültig, ob wir sie beobachten oder nicht.“[1]

Hier werden die von Lenin getrennten Probleme wieder miteinander vermengt. Die Formulierung „in der gleichen Weise objektiv existieren“ verlangt eine einfache Übertragung der Eigenschaften der Makrowelt auf die Mikrowelt, die jedoch vom dialektischen Materialismus nicht vorgenommen wird. Er beharrt darauf, daß sie objektiv existieren, d. h. unabhängig vom menschlichen Bewußtsein in dem Sinne sind, daß sie zwar durch den Menschen verändert, aber nicht ausgedacht werden können.[2] Wenn Heisenberg deshalb an anderer Stelle meint, daß die Begriffe Materie und Wirklichkeit des dialektischen Materialismus der modernen Forschung nicht gerecht würden, so unterschätzt er die philosophische Leistung Lenins. Heisenberg schreibt: „Man kann nicht vernünftigerweise erwarten, daß jene Denker, die vor über hundert Jahren den dialektischen Materialismus eingeführt haben, die Entwicklung der Quantentheorie hätten vorhersehen können. Ihre Begriffe von Materie und Wirklichkeit konnten unmöglich den Ergebnissen unserer heutigen verfeinerten experimentellen Technik angepaßt sein.“[3] Sicher geht es nicht an, wollte man den Klassikern des Marxismus-Leninismus bereits eine völlige Vorwegnahme der heutigen Probleme zusprechen. Aber man kann auch nicht die philosophische Leistung von Engels und Lenin bei der Ausarbeitung philosophischer Probleme der Naturwissenschaft übersehen. Wir werden später sehen, daß es bei Heisenberg um eine ganze Reihe echter Probleme einer neuen Wirklichkeitsauffassung geht, die uns die Quantenphysik brachte. Damit diese Probleme deutlicher werden, wollten wir jedoch hier schon auf seine einseitige Stellung zum dialektischen Materialismus verweisen, die in vielen Fragen eine Ablehnung des mechanischen Materialismus ist, verbunden mit geringer Kenntnis des dialektischen Materialismus. Diese Feststellung ist wesentlich für viele spätere Probleme, die wir noch behandeln wollen, in denen sich die von Heisenberg repräsentierte und für viele Physiker typische philosophische Auffassung im Kampf gegen das klassische Weltbild mit Auffassungen des dialektischen Materialismus trifft.

[19] Zweifellos war mit dem philosophischen Kampf gegen das klassische Weltbild seitens dialektischer Materialisten, die die Ergebnisse von Biologie, Gesellschaftswissenschaften, Geologie usw. verallgemeinerten, noch nicht die mechanisch-materialistische Auffassung in der Physik selbst entscheidend getroffen. Der Übergang vom mechanischen, metaphysischen zum dialektischen Denken war für viele Wissenschaftler mit den Fortschritten der modernen Physik im 19. Jahrhundert verbunden. Hier wurde vieles erst deutlich, was vorher nur in Ansätzen entwickelt war. So wurde zwar schon der erste Schlag gegen die mechanistische Auffassung von der Struktur und den Beziehungen klassischer Körper durch die statistische und Feldphysik des 19. Jahrhunderts geführt. Aber noch sah man die Statistik nur als ein bequemes Hilfsmittel an, um Prozesse mit vielen Parametern einfach zu beschreiben. Man betrachtete eben nicht die kinetische Energie einzelner Teilchen in einem thermodynamischen System, sondern Größen, wie Temperatur und Druck, die für das Gesamtsystem charakteristisch sind, war aber gleichzeitig der festen Überzeugung, daß sich jede statistische Aussage durch die eindeutige Determiniertheit des Einzelobjekts ergebe.

[1] W. Heisenberg, Physik und Philosophie, Berlin 1959, S. 105.
[2] Wir werden dieses Problem ausführlich im 2. Kapitel behandeln.
[3] W. Heisenberg, Physik und Philosophie, S. 114.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Auch den Feldbegriff betrachtete man zuerst nur als eine bequeme Methode, um bestimmte Phänomene richtig zu erfassen. Den Kerngedanken der Feldauffassung, daß die Wirkung zwischen physikalischen Objekten selbst materiell ist und deshalb das Feld eine Form der objektiven Realität darstellt, fand man nicht überall klar ausgesprochen. Außerdem wurde die Problematik des Feldes mit den elektrischen und magnetischen Erscheinungen verbunden, die auf Grund ihres Wellencharakters sowieso eine Sonderstellung gegenüber den Körpern einnahmen. Es existierten zwei Arten von physikalischen Objekten, die Körper und Strahlung, und für beide gab es verschiedene Theorien, und die Wellentheorie. So schien zu Beginn unseres Jahrhunderts nach außen hin alles noch in bester theoretischer Ordnung, obwohl schon die Widersprüche zwischen Theorie und Experiment zu sehen waren und neue Experimente über die Radioaktivität Probleme aufwarfen, die darauf warteten, von den Physikern angepackt und gelöst zu werden.

Im Laufe dieser Lösung, die mit zwei Theorien in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts verbunden ist, nämlich der Quanten- und der Relativitätstheorie, wurde das klassische Weltbild endgültig auch bei den Physikern gestürzt, wozu Heisenberg durch die Entwicklung der Matrizenmechanik, die Aufstellung der Unbestimmtheitsrelationen und die Kopenhagener Deutung der Quantentheorie erheblich beigetragen hat.

Bereits auf dem 1. Solvay-Kongreß in Brüssel 1911 sprachen sich so bekannte Physiker wie Nernst und Langevin für die Quantentheorie aus. Auf Initiative von Solvay und Nernst kam dieser Kongreß zusammen. Er sollte [20] die Möglichkeit bieten. im Kreis von Spezialisten aller Länder die neuen Probleme zu beraten. Poincaré, Wien und Einstein befürworteten die Idee solcher Kongresse. Lorentz war Präsident des Organisationskomitees. Auf dem Kongreß wurde über die neuen Ideen von Planck und Einstein diskutiert, von denen Nernst meinte, daß sie zwar verändert und vertieft werden, aber nicht verschwinden können. Poincaré verhielt sich noch skeptisch gegenüber der Quantentheorie, obwohl er ein Jahr später die Notwendigkeit ihrer Anwendung anerkannte, während Langevin sie trotz der Unbestimmtheit ihrer Form für einen Fortschritt in der Physik hielt, der zu neuen Entdeckungen führt.[4]

1912 entdeckte Laue die Beugung der Röntgenstrahlen an Kristallen, und im Juli 1913 entwickelte Bohr sein Atommodell. Damit war die Erforschung der Atomstruktur in ein neues Stadium getreten. Das Bohrsche Atommodell war bereits ein großer Schritt über die klassische Beschreibung physikalischer Objekte hinaus. Es beseitigte die Schwierigkeiten des Rutherfordschen Atommodells und postulierte die Existenz stationärer Zustände (Energieniveaus) für schwingungsfähige Systeme, in denen das System ohne Energieabgabe existieren kann. Bei Energieabgabe oder -aufnahme springt das System zu einem anderen Niveau über. Verbunden mit der Aussage über den Zusammenhang zwischen Frequenz und Energiedifferenz und dem Korrespondenzprinzip, war Bohr in der Lage, eine Theorie des Wasserstoffatoms zu geben.

Die Bohrsche Konzeption hatte zwar noch Mängel, aber ihre Bedeutung liegt vom allem in der Einführung der Quantenvorstellung in die Theorie des Atomkerns. Das war die Voraussetzung für die spätere Entwicklung der Matrizenmechanik durch Heisenberg.

Der 2. Solvay-Kongreß hatte das Thema Struktur der Materie. Er fand im Oktober 1913 in Brüssel statt. Thomson referierte über die Struktur des Atoms und betrachtete kritisch die Modelle Rutherfords. Langevin und Rutherford kritisierten Thomsons Auffassung, aber keiner ging auf die wirklich glänzenden Resultate Bohrs ein, obwohl sie vor allem in den darauf folgenden Jahren die Auffassung von der Atomstruktur bestimmten. Das zeigt, daß die empirischen Regeln Bohrs, die der klassischen Elektrodynamik widersprachen, nicht sofort volle

[4] Zur Geschichte der Solvay-Kongresse s. O. A. Staroselskaja-Nikitina Aus der Geschichte der internationalen physikalischen Solvay-Kongresse. In: Geschichte der Wissenschaften, Moskau 1960 (russ.), S. 9-63.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Anerkennung fanden. Mit Bohrs Atommodell war eine gute Beschreibung des Verhaltens der Elektronen im Atom möglich, aber es fehlte die geschlossene Theorie, aus der sich Bohrs Regeln mit logischer Konsequenz ergeben.

[21] Auf dem 3. Kongreß 1921 und auf dem 4. Kongreß 1924 wurden viele Probleme aufgedeckt, die sich bei der Untersuchung der Atomstruktur ergaben. Man sagte sich von klassischen Ideen los, hatte aber noch immer nicht die Theorie des Atoms gefunden. Man befand sich am Vorabend der Entdeckung der Quantentheorie, die dann den Verlauf des 5. Kongresses 1927 bestimmen sollte, wo es zu heftigen Diskussionen zwischen den Vertretern zweier wissenschaftlicher Richtungen kam, mit Bohr, Born und Heisenberg auf der einen und Langevin und Planck auf der anderen Seite.

Heisenberg, bei Sommerfeld in München Physik studierend, erlebte diesen Aufschwung des theoretischen Denkens unmittelbar mit. Die gerade sich entwickelnde Atomphysik hatte ihre Zentren in Deutschland, England und Dänemark.

Deutschland besaß damals solche hervorragenden Theoretiker wie Einstein und Planck in Berlin, Sommerfeld in München und Max Born in Göttingen. England galt als führend auf dem Gebiet des Experiments. Das „Mekka der Atomphysik“, wie viele Atomphysiker es nannten, war jedoch das Institut von Niels Bohr in Kopenhagen. 1922 kam Niels Bohr auf Einladung der Göttinger zu einigen Vorträgen nach Göttingen. Auch Sommerfeld und Heisenberg reisten aus München an. Schon vorher hatte man sich in München intensiv mit den Arbeiten Bohrs beschäftigt. Heisenberg sagt selbst darüber: „Ich erfuhr, daß der Däne Niels Bohr und der Engländer Rutherford das Atom sich als ein Planetensystem im Kleinen vorstellten und daß es wahrscheinlich einmal gelingen werde, mit Hilfe der Bohrschen Theorie aus den Planetenbahnen der Elektronen die ganzen chemischen Eigenschaften der Elemente herzuleiten, daß das aber einstweilen noch nicht gelungen sei. Dieser letzte Punkt reizte mich natürlich am meisten, und jede neue Arbeit von Bohr wurde im Münchener Seminar mit Eifer und Leidenschaft diskutiert. Daher können Sie sich vorstellen, was es für mich bedeutete, als ich im Sommer 1921 von Sommerfeld eingeladen wurde, ihn nach Göttingen zu begleiten, um eine Vortragsreihe anzuhören, die der Däne Niels Böhr hier im Collegienhaus über seine Atomtheorie halten wollte. Diese Vortragswoche in Göttingen, von der bei uns später immer als den ‚Bohrfestspielen‘ gesprochen wurde, hat für mich in vielen Beziehungen das weitere Verhältnis zur Wissenschaft und besonders zur Atomphysik bestimmt.“[5]

Aus dieser ersten Begegnung mit Bohr erwuchs bereits die Verehrung Heisenbergs für seinen späteren Lehrer. Bohr half ihm bei der Klärung vieler Probleme.

[22] In der Diskussion kritisierte Heisenberg die noch bestehenden Inkonsequenzen des Bohrschen Atommodells. Bohr unterhielt sich auf einem ausgedehnten Spaziergang lange mit Heisenberg und lud ihn nach Kopenhagen ein. Über die Bedeutung, die diese Gespräche für Heisenberg hatten, erzählte er später folgendes: „Diese Gespräche haben bei mir den tiefsten Eindruck hinterlassen; denn erstens lernte ich aus ihnen, daß es offenbar für das Verständnis des Atombaues völlig gleichgültig war, ob man Deutscher oder Däne oder Engländer war; und dann lernte ich etwas vielleicht noch Wichtigeres, daß man nämlich in der Wissenschaft schließlich immer entscheiden kann, was richtig und was falsch ist; daß es sich hier nicht um Glauben oder Weltanschauung oder Hypothese handelt, sondern daß schließlich eine bestimmte Behauptung eben einfach richtig ist und die andere unrichtig; und welche richtig ist, darüber entscheidet wieder nicht der Glaube oder die Herkunft oder die Rasse, sondern das entscheidet die Natur oder, wenn Sie so wollen, der liebe Gott, jedenfalls aber nicht die Menschen.“[6]

[5] W. Heisenberg, Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaften, Stuttgart 1949, S. 103.
[6] Ebenda, S. 103 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Trotz mancher positivistischer Thesen, die wir später bei Heisenberg finden, bewahrt er sich den Glauben an die Objektivität des Naturgeschehens. Seine Äußerung aus einem Vortrag von 1946 vor Studenten ist zugleich eine Abrechnung mit der Kulturbarbarei der Faschisten, die die Relativitätstheorie nicht anerkannten, weil sie von einem Juden ausgearbeitet wurde, und die eine spezielle „deutsche Physik" entwickelten. So war Bohr nicht nur wissenschaftlicher Lehrer Heisenbergs, sondern sein Humanismus, seine ständige Hilfe für die jungen Wissenschaftler in allen Fragen formten auch Heisenbergs ethische Auffassungen.

Im Sommer 1923 promovierte Heisenberg bei Sommerfeld, wobei er die mündliche Prüfung bei W. Wien eigentlich nicht bestanden hatte. Bereits ein Jahr später habilitierte er sich in Göttingen mit dem Thema „Über eine Abänderung der formalen Regeln der Quantentheorie beim Problem der anomalen Zeemaneffekte".

In den Jahren 1925-1927 formten sich dann bei Heisenberg die Grundgedanken der Quantenmechanik. 1925 veröffentlichte er seine Arbeit „Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik", und 1927 trat er mit einer Kritik der Grundbegriffe der Kinematik auf, wobei er die Unbestimmtheitsrelationen darlegte. Von 1925 bis 1927 war Heisenberg der Einladung Bohrs gefolgt und wirkte als Dozent in Kopenhagen. Im Sommer 1925 kam er nach Cambridge in England und trug in einem Kolloquium im Studierzimmer des Physikers Kapiza, der heute in der Sowjetunion arbeitet, seine Arbeit vor. Dort lernte er den damals erst 23jäh-[23]rigen Studenten Dirac kennen, der entscheidenden Anteil an der Weiterentwicklung der Quantenphysik hatte.

In vielen Diskussionen mit Bohr und anderen jungen Physikern wie Dirac, Pauli, Fermi, Jordan klärten sich nach und nach die Probleme der Atomstruktur. Bohr schreibt über die Aussprachen mit Heisenberg: „Unsere Besprechungen berührten viele Probleme der Physik und der Philosophie, und besonderer Nachdruck wurde auf die Forderung eindeutiger Definition der in Frage kommenden Begriffe gelegt."[7]

Die hervorragende geistige Atmosphäre, die Zusammenarbeit jüngerer und älterer Kollegen und die „seltene Begabung" Heisenbergs ermöglichten seinen großen Erfolg, den Aufbau der Matrizenmechanik. Noch beim Durchdenken der Probleme in Kopenhagen äußerte er nach dem Empfang eines Briefes von Jordan: „Jetzt sprechen die gelehrten Göttinger Mathematiker so viel von Hermitischen Matrizen, ich weiß ja aber nicht einmal, was eine Matrix ist."[8] Hier half ihm sein Göttinger Lehrer Max Born, der ihm den mathematischen Apparat, eben die Matrizenrechnung, zur Formulierung der physikalischen Theorie lieferte.

Neben der Heisenbergschen Theorie (1925) entwickelte Schrödinger die Wellenmechanik (1926), beide Theorien sind mathematisch gleichwertig. Schrödinger folgte dabei dem von de Broglie 1924 begründeten Prinzip der Materiewellen, wonach Stoff und Strahlung Wellen- und Korpuskelcharakter besitzen. Die bis dahin durchgeführten Experimente legten diesen Gedanken nahe. So kannte man die Wellennatur der Röntgenstrahlung, aber auch die Quantelung des Lichts. 1923 entdeckte Compton die Streuung der Röntgenstrahlen. die mit Hilfe von Stoßgesetzen behandelt werden konnte. Zweifellos war de Broglies Hypothese vom durchgängigen Wellen-Korpuskel-Dualismus noch nicht voll bestätigt. Sie war jedoch eine geniale Vorahnung der wirklichen Situation. Besonders die 1927 von Davisson und Germer durchgeführten Beugungsversuche mit Elektronenstrahlen an Kristallen, die zu Interferenzen führten, bestätigten damit den Dualismus.

An allen diesen Arbeiten zur Klärung der atomphysikalischen Probleme war Heisenberg führend beteiligt. Er entwickelte die Matrizenmechanik, war Mitbegründer der Kopenhagener

[7] N. Bohr, Die Entstehung der Quantenmechanik. In: Werner Heisenberg und die Physik unserer Zeit, Braunschweig 1961, S. IX.
[8] Ebenda, S. X.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Deutung der Quantentheorie, die auch zu vielen philosophischen Diskussionen führte; in seiner Kopenhagener Zeit klärte er die Duplexität des Heliumspektrums, und er begründete die Unbestimmtheitsrelationen. Bohr schreibt: „Bei der Wiedergabe einiger meiner [24] Erinnerungen aus der alten Zeit hat es mir vor allem am Herzen gelegen zu betonen, wie es durch die enge Zusammenarbeit einer ganzen Generation von Physikern vieler Länder Schritt für Schritt gelang, Ordnung in einem neuen umfangreichen Erfahrungsgebiet zu schaffen. In dieser Periode der Entwicklung der physikalischen Wissenschaft, die mitzuerleben ein wunderbares Abenteuer war, nahm Werner Heisenberg eine überragende Stellung ein.“[9]

Man kann die Zeit bis zur Aufstellung der Quantenmechanik als die Periode bezeichnen, in der sich die Physiker allmählich an die Widersprüche ihrer theoretischen und experimentellen Resultate mit den klassischen Vorstellungen gewöhnten, in der sie versuchten, diese Widersprüche theoretisch zu beseitigen, um zu einer widerspruchsfreien Theorie zu kommen. „Das merkwürdigste Erlebnis jener Jahre war“, meint Heisenberg, „daß die Paradoxa der Quantentheorie während dieses Prozesses der Klärung nicht verschwanden, daß sie im Gegenteil immer schärfer und erregender in Erscheinung traten.“[10]

Eines der wesentlichen Paradoxa war vor allem der Welle-Korpuskel-Dualismus. Klassisch bietet die theoretische Erfassung von Wellen und Korpuskeln keine Schwierigkeiten. Man hatte sich daran gewöhnt, für zwei unabhängig voneinander existierende Materiearten, Stoff und Strahlung, Korpuskel und Welle, zwei Theorien bereitzuhalten, die die Bewegung richtig erfassen. Einsteins Deutung des photoelektrischen Effekts, Laues Röntgenstrahlanalyse und Comptons Streuversuche hatten jedoch immer deutlicher die Doppelnatur der Materie gezeigt. Wellen haben Korpuskel- und Korpuskeln Welleneigenschaften.

Mit dem Welle-Korpuskel-Dualismus eng verbunden war auch das Neuartige an der Quantenhypothese. Als Planck sie aufstellte, soll er seinem Sohn, der noch ein Kind war, auf einem langen Spaziergang durch den Grunewald die neuen Ideen auseinandergesetzt haben. Dabei drückte er das Gefühl aus, entweder eine hervorragende Entdeckung gemacht zu haben, die mit Newtons Arbeiten vergleichbar ist, oder völlig zu irren.[11] Planck revolutionierte mit dem Postulat, daß die Energie nur in Quanten existiert, die Grundlagen der Physik. Nach der klassischen Auffassung wären für einen harmonischen Oszillator alle Energiestufen möglich, nach der Quantenhypothese existiert die Energie nur in bestimmten Zuständen, in bestimmten diskreten Energiestufen.

[25] Die Mikroobjekte offenbarten neue Eigenschaften, die nicht durch eine einfache Übertragung der Vorstellungen aus dem Makrokosmos erklärt werden konnten. Die Mikroobjekte verlangten eine der klassischen Theorie nicht entsprechende neue theoretische Deutung. Sie verlangten die Revision von weltanschaulichen Auffassungen der Physiker über die Struktur der Materie. Das führte auch zu neuen philosophischen Fragen, zu einer neuen Wirklichkeitsauffassung, die im Rahmen der mechanisch-materialistischen Materiekonzeption keinen Platz hatte und zu der im Widerspruch zur metaphysischen Denkweise stehenden Erkenntnis des dialektischen Charakters physikalischer Prozesse.

So ist die Physik zu Beginn unseres Jahrhunderts der Schauplatz heftiger theoretisch-physikalischer und auch philosophischer Auseinandersetzungen. Beim Versuch, die neuen physikalischen Erscheinungen zu begreifen, stoßen auch weltanschauliche Richtungen aufeinander; hinter formierten Weltanschauungen stehen jedoch gesellschaftliche Kräfte. Der Versuch, die neuen Ergebnisse der Physik philosophisch zu deuten, hatte mit Mach zu bestimmten idealistischen Konsequenzen geführt, die einige Mitglieder der Bolschewistischen Partei in Rußland

[9] Ebenda, S. XII.
[10] W. Heisenberg, Physik und Philosophie, S. 21.
[11] Ebenda, S. 16.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

als neue Philosophie proklamierten. Das zwang Lenin, die marxistische Philosophie gegen den Revisionismus in seinem Werk „Materialismus und Empiriokritizismus“ zu verteidigen. Gleichzeitig war vielen Physikern die marxistische Philosophie nicht bekannt, oder sie erschien ihnen als „Weltanschauung der Kommunisten“ nicht geeignet für die Deutung der physikalischen Probleme. So suchten sie nach einer eigenen Philosophie und übernahmen gerade am Anfang viele Elemente des Positivismus in die Kopenhagener Deutung der Quantentheorie.

Gegen diese positivistischen Tendenzen traten Planck, Einstein, Langevin u. a. auf. Sie verteidigten die Existenz der objektiven Realität und die Determiniertheit der physikalischen Erscheinungen. Hinter diesem Streit, der 1927 auf dem Solvay-Kongreß einen gewissen Höhepunkt erreichte, stand vor allem das Ringen der Atomphysiker um ein richtiges philosophisches Verständnis der durch die Physik aufgeworfenen Probleme. Es war der Meinungsstreit, der auch dem klassischen Weltbild in der Physik den Todesstoß versetzte. Die klassische Auffassung von der Struktur und Determiniertheit der physikalischen Prozesse reichte nicht aus, um die neuen Ergebnisse zu erklären.

Gerade mit der Aufdeckung dieses Sachverhalts sind viele Arbeiten Heisenbergs nach der Aufstellung der Quantenmechanik verbunden. [26]

2. Die Begründung der Quantenmechanik

Ihre präzise mathematische Form erhielt die Quantenmechanik in den Jahren 1925 und 1926. In seiner bereits erwähnten Arbeit von 1925 entwickelte Heisenberg die Grundgedanken zur mathematischen Erfassung der Quantenphänomene. Mit Born und Jordan arbeitete er dann die Quantenmechanik aus, wofür er 1932 den Nobelpreis für Physik erhielt. Heisenberg ging von dem von Bohr aufgestellten Korrespondenzprinzip aus, nach dem im Grenzfall hoher Quantenzahlen die klassische Theorie gelten soll.[12] Nach Bohr sollten die Intensitäten der emittierten Spektrallinien den Intensitäten der entsprechenden harmonischen Oberschwingungen der Bahnfrequenz ungefähr entsprechen. Das war wichtig für die Erfassung des Elektronenverhaltens. Man hatte festgestellt, daß die Frequenz der Bahnbewegung der Elektronen im Atom sich nicht als Frequenz der emittierten Strahlung zeigt. Das machte den Begriff der Elektronenbahn überhaupt problematisch. Er konnte jedoch bei großen Bahnen angenähert aufrechterhalten werden. Damit erhält man mit Hilfe der Intensitäten und Frequenzen der emittierten Strahlung doch ein Bild der Elektronenbahnen. „So ergab sich von selbst die Idee“, schreibt Heisenberg, „daß man die mechanischen Gesetze nicht niederschreiben solle in Form von Gleichungen für die Orte und Geschwindigkeiten der Elektronen, sondern von Gleichungen für die Frequenzen und Amplituden ihrer ‚Fourier-Entwicklung‘. Wenn man von solchen Darstellungen ausging, konnte man hoffen, für die Größen, die man als Frequenzen und Intensitäten der ausgesandten Strahlen mißt, zu mathematisch faßbaren Beziehungen zu kommen. Dieses Programm konnte tatsächlich durchgeführt werden. Es führte im Sommer 1925 zu einem mathematischen Formalismus, der ‚Matrizenmechanik‘ oder allgemeine Quantenmechanik genannt wurde. Die Bewegungsgleichungen der Newtonschen Mechanik wurden ersetzt durch ähnliche Gleichungen zwischen Formen der linearen Algebra, die der Mathematiker ‚Matrizen‘ nennt. Es war ein sehr merkwürdiges Erlebnis, viele von den alten Ergebnissen der Newtonschen Mechanik, wie zum Beispiel die Erhaltung der Energie, auch in dem neuen Formalismus wiederzufinden. Später zeigten die Untersuchungen von Born, Jordan und Dirac, daß die Matrizen, die die Lage und das Bewegungsmoment der Elektronen darstellen, nicht miteinander vertauschbar sind. Diese Tatsache zeigte in der Sprache der Mathematik auf das deutlichste den wesentlichen Unterschied zwischen Quantenmechanik und klassischer Mechanik.“[13]

[12] Ebenda, S. 22 ff.
[13] Ebenda, S. 23 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

[27] 1926 entwickelte Schrödinger seine Wellenmechanik, die der Heisenbergschen Matrizenmechanik mathematisch äquivalent ist. 1927 gibt Heisenberg eine Ableitung der Unbestimmtheitsrelationen, die die neue Bewegungsauffassung noch mehr verdeutlichen. In ihnen drückt sich der Dualismus von Welle und Korpuskel aus. Für den Impuls *p* und den Ort *q* formuliert, lauten sie:

$$\overline{(q-\bar{q})^2} \cdot \overline{(p-\bar{p})^2} \geqq \frac{\mathfrak{h}^2}{4}; \mathfrak{h}^2 = \left(\frac{h}{2\pi}\right)^2 \quad (\mathfrak{h} = \text{h quer})$$

h ist das Plancksche Wirkungsquantum.

Die Formulierung der Quantenmechanik und vor allem die Aufstellung der Unbestimmtheitsrelationen führten zu einer Vielzahl von theoretischen Diskussionen und philosophischen Streitgesprächen. Heisenberg bemühte sich neben der weiteren Ausarbeitung der Quantentheorie vor allem auch um die Propagierung der mit der Quantenmechanik verbundenen neuen Ideen.

Dabei spielte die Kopenhagener Deutung der Quantentheorie eine große Rolle. Hauptinhalt der Kopenhagener Deutung der Quantentheorie ist der Versuch, den Welle-Korpuskel-Dualismus zu verstehen. Heisenberg schreibt: „Die Kopenhagener Deutung der Quantentheorie beginnt mit dem Paradoxon. Jedes physikalische Experiment, gleichgültig, ob es sich auf Erscheinungen des täglichen Lebens oder auf Atomphysik bezieht, muß in den Begriffen der klassischen Physik beschrieben werden. Diese Begriffe der klassischen Physik bilden die Sprache, in der wir die Anordnung unserer Versuche angeben und die Ergebnisse festlegen. Wir können sie nicht durch andere ersetzen. Trotzdem ist die Anwendbarkeit dieser Begriffe begrenzt durch die Unbestimmtheitsrelationen. Wir müssen uns dieser begrenzten Anwendbarkeit der klassischen Begriffe bewußt bleiben, während wir sie anwenden, aber wir können und sollten nicht versuchen, sie zu verbessern.“[14] Hier wird auf den prinzipiellen Unterschied zwischen der klassischen und der Quantentheorie verwiesen. Klassische Begriffe existieren im Zusammenhang mit den klassischen Theorien, nach denen es möglich ist, Ort und Impuls eines Teilchens gleichzeitig zu bestimmen. Wenn jedoch das Teilchen auch Welleneigenschaften besitzt, dann ist das unmöglich. Wie die Unbestimmtheitsrelationen zeigen, würde die genaue Bestimmung des Ortes eine völlige Impulsunbestimmtheit ergeben und umgekehrt. Beschreiben wir jedoch die Ergebnisse des Experiments, dann brauchen wir die Bestimmungen Ort und Impuls. So zeigt sich hier deutlich die mit der Aufdeckung des Welle-Korpuskel-Dualismus entstandene neue begriffliche Situation.

[28] In die Kopenhagener Deutung der Quantentheorie geht auch der Vorschlag Borns ein, das Quadrat der Schrödingerschen Wellenfunktion im Konfigurationsraum mit der Wahrscheinlichkeit in Verbindung zu bringen; $\psi\psi^* \, dr^3$ ist die Wahrscheinlichkeit, das Teilchen im Volumenelement dr^3 zu finden.

Es ist nun nach der Kopenhagener Deutung wesentlich, daß die Wahrscheinlichkeitsfunktion nur auf ihre Richtigkeit überprüft werden kann, wenn eine Messung durchgeführt wird. Wird ein System durch Messung erfaßt, dann erlaubt die Wahrscheinlichkeitsfunktion, die Wahrscheinlichkeit für die nächste Messung zu bestimmen. Dabei kommt immer wieder der Welle-Korpuskel-Dualismus zum Vorschein. So kann man die Elektronen als stehende Schwingungen um den Atomkern im Wellenbild betrachten. Man kann sie aber auch als Teilchen behandeln. Haben wir es mit der vom Atom emittierten Strahlung zu tun, dann ist das Wellenbild angemessener.

Die zwischen Wellen- und Korpuskelbild möglichen Widersprüche sollten in der Kopenhagener Deutung durch die Konzeption der Komplementarität, die von Bohr entwickelt wurde, vermieden

[14] Ebenda S. 28.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

werden. Heisenberg sagt zum Verhältnis von Wellen- und Korpuskelbild und ihrem komplementären Verhalten: „Daher hat Bohr den Gebrauch beider Bilder empfohlen, die er als ‚komplementär' zueinander bezeichnete. Die beiden Bilder schließen sich natürlich aus, weil eine bestimmte Sache nicht gleichzeitig ein Teilchen (d. h. Substanz, beschränkt auf ein sehr kleines Volumen) und eine Welle (d. h. ein Feld, ausgebreitet über einen großen Raum) sein kann. Aber die beiden Bilder ergänzen sich; wenn man mit beiden Bildern spielt, indem man von einem Bild zum anderen übergeht und wieder zurück, so erhält man schließlich den richtigen Eindruck von der merkwürdigen Art von Realität, die hinter unseren Atomexperimenten steckt."[15] In dieser Komplementaritätskonzeption, die wesentlicher Bestandteil der Kopenhagener Deutung der Quantentheorie ist, sind zwei Momente zu beachten. Einerseits stellt sie den theoretischen Versuch dar, die objektiv widersprüchliche Natur der Mikroobjekte in unseren Begriffen zu erfassen. In diesem Sinne ist die Komplementaritätsthese eine Annäherung an die Lehre von der objektiven Dialektik, speziell der objektiven dialektischen Widersprüche. Dabei ist die Bemerkung Heisenbergs wesentlich, daß nicht die mathematische Theorie selbst widersprüchlich ist. Im Gegenteil, sie hilft uns bestimmte Widersprüche zu beseitigen, indem sie uns eine logisch widerspruchsfreie Theorie zur Beschreibung objektiv widersprüchlicher Seiten liefert. Aber die physikalischen Körper sind eben keine klassischen Wellen oder klassische Korpuskeln, sondern eine neue Einheit beider Eigenschaften, die in der Quantenmechanik widerspruchsfrei beschrie-[29]ben wird. Heisenberg erläutert dazu: „Ganz allgemein kann der Dualismus zwischen zwei verschiedenen Beschreibungen der gleichen Wirklichkeit nicht länger als eine grundsätzliche Schwierigkeit betrachtet werden, da wir aus der mathematischen Formulierung der Theorie wissen, daß es in ihr keine Widersprüche geben kann. Der Dualismus zwischen den beiden komplementären Bildern, Wellen- und Teilchenbild, wird auch deutlich sichtbar in der Flexibilität des mathematischen Formalismus. Dieser Formalismus wird gewöhnlich so aufgeschrieben, daß er der Newtonschen Mechanik ähnelt, also mit Bewegungsgleichungen für die Koordinaten und die Geschwindigkeiten der Teilchen. Aber durch eine einfache Transformation kann er umgewandelt werden in eine Wellengleichung für dreidimensionale Materieweilen; nur haben auch diese Wellen den Charakter von ‚Matrizen' oder ‚Operatoren', nicht von einfachen Feldgrößen. Daher hat die Möglichkeit, mit verschiedenen komplementären Bildern zu spielen, ihr Analogon in den verschiedenen Transformationen des mathematischen Formalismus. Sie führt in der Kopenhagener Deutung der Quantentheorie nicht zu irgendwelchen Schwierigkeiten."[16]

Andererseits wird jedoch die Bohrsche Komplementaritätsthese mit allgemeinen philosophischen Problemen verbunden, verabsolutiert auf Erscheinungen des gesellschaftlichen Lebens angewandt, wodurch diese vereinfacht dargestellt werden, oder die erkenntnistheoretische Problematik wird durch die Komplementaritätsthese verdeckt. Das letztere trifft auf die behauptete Komplementarität von physikalischen Methoden und der Erforschung des Lebens zu. Zweifellos ist die grob mechanische Einwirkung auf den Organismus schädlich, wodurch die Erforschung des Lebens mit physikalischen Methoden unmöglich wäre. Aber hier liegt das erkenntnistheoretische Problem tiefer als in einer bloßen Ausschließung einander entgegengesetzter Seiten. Die Biophysik entwickelt Methoden zur physikalischen Erforschung der Lebensvorgänge, die einer philosophischen Verallgemeinerung unter dem Aspekt des Verhältnisses verschiedener Wissenschaften, die qualitativ verschiedene Bereiche untersuchen, bedürfen. So ist die Komplementarität von Religion und Verstand, ohne die für die Religion notwendigen gesellschaftlichen Ursachen zu betrachten, nicht zu klären.

Diese Seite der Vereinseitigung und Verabsolutierung der Komplementaritätsthese soll uns aber hier nicht weiter interessieren. Jedoch sind die mit ihr verbundenen philosophischen Fragen interessant, da sie bei der Propagierung der neuen Ideen der Quantentheorie durch

[15] Ebenda, S. 32.
[16] Ebenda, S. 33.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Heisenberg eine große Rolle spielen. Heisenberg schreibt dazu: „Bohr gebraucht den Begriff ‚Kom-[30]plementarität' in der Deutung der Quantentheorie an verschiedenen Stellen. Die Kenntnis des Ortes eines Teilchens ist komplementär zu der Kenntnis seiner Geschwindigkeit oder seiner Bewegungsgröße. Wenn wir die eine Größe mit großer Genauigkeit kennen, können wir die andere nicht mit hoher Genauigkeit bestimmen, ohne die erste Kenntnis wieder zu verlieren. Aber wir müßten doch beide kennen, um das Verhalten des Systems zu beschreiben. Die raum-zeitliche Beschreibung von Atomvorgängen ist komplementär zu ihrer kausalen oder deterministischen Beschreibung. Die Wahrscheinlichkeitsfunktion genügt einer Bewegungsgleichung, ähnlich wie die für die Koordinaten in der Newtonschen Mechanik. Ihre Änderung im Laufe der Zeit ist durch die quantenmechanischen Gleichungen vollständig bestimmt, aber sie liefert keine raum-zeitliche Beschreibung des Systems. Durch die Beobachtung andererseits wird eine raum-zeitliche Beschreibung erzwungen. Aber sie unterbricht den durch die Rechnung bestimmten Ablauf der Wahrscheinlichkeitsfunktion, indem sie unsere Kenntnis des Systems ändert."[17]

Gerade die Komplementarität von raum-zeitlicher Beschreibung und Kausalität führte zu zwei wesentlichen philosophischen Problemen, die, ausgehend von der Kopenhagener Deutung, vielseitig von Physikern und Philosophen erörtert wurden und denen ein großer Platz in Heisenbergs Arbeiten gewidmet ist. Es sind dies die Diskussionen um die objektive Realität oder das Subjekt-Objekt-Verhältnis und um die Determiniertheit der Objekte. Auf beide Probleme werden wir gesondert eingehen, um den Standpunkt Heisenbergs zu diesen Fragen zu analysieren. Sie entstanden bei der Deutung der Quantentheorie in der Auseinandersetzung mit der klassischen Materiekonzeption und dem klassischen Determinismus, dem die Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen direkt widersprechen.

Wie sehr der Welle-Korpuskel-Dualismus dabei die Gemüter erregte, zeigt sich an der Äußerung Paulis gegenüber Heisenberg: „Man kann die Welt mit dem *p*-Auge ansehen, man kann sie auch mit dem *q*-Auge ansehen; aber wenn man beides gleichzeitig tut, wird man irre."[18]

Es war den Physikern gelungen, und Heisenberg selbst hat großen Anteil daran, mit der Entwicklung der Quantenmechanik und ihrer Deutung unsere Vorstellungen von der Struktur der Materie zu revolutionieren und dabei neue Elemente zu unserer Weltanschauung beizutragen.

1927 erfolgte Heisenbergs Berufung nach Leipzig, wo er mit Debye und Wentzel eine starke Anziehung ausübte und bald auch Schüler besaß, wozu [31] R. Peierls und E. Teller gehörten. In Leipzig blieb Heisenberg bis 1942; 1937 heiratete er Elisabeth Schuhmacher, die Tochter des Berliner Nationalökonomen.

Im Oktober 1927 fand in Brüssel der 5. Solvay-Kongreß zum Thema Elektronen und Photonen statt. Es war das Zusammentreffen verschiedener wissenschaftlicher Richtungen, deren Vertreter sich um das Verständnis der durch die Quantentheorie aufgeworfenen allgemeinen Probleme bemühten. Dabei war es nicht einfach ein Streit zweier Parteien, der Anhänger der Kopenhagener Deutung der Quantentheorie, wie Bohr, Born und Heisenberg, und der Gegner der aus der statistischen Deutung gezogenen Folgerungen über die Indeterminiertheit des Mikrogeschehens, wie Planck und Langevin. Diese Auseinandersetzung war zwar eine der Hauptlinien des Kongresses; zugleich ging es jedoch bei allen Teilnehmern um das Verständnis der neuen Phänomene. Die Quantenmechanik war gerade erst entwickelt und die Unbestimmtheitsrelationen eben erst gefunden worden.

Heisenberg charakterisiert diesen Zustand, wenn er schreibt: .‚So war man schließlich im Frühjahr 1927 zu einer widerspruchsfreien Deutung der Quantentheorie gekommen, die häufig

[17] Ebenda, S. 32 f.
[18] Vgl. F. Hund, Göttingen, Kopenhagen, Leipzig im Rückblick. In: Werner Heisenberg und die Physik unserer Zeit, S. 5.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

auch die Kopenhagener Deutung genannt wird. Diese Deutung bestand ihre Feuerprobe auf der Solvay-Konferenz in Brüssel im Herbst 1927. Jene Experimente, die immer zu den schlimmsten Paradoxa geführt hatten, wurden wieder und wieder in allen Einzelheiten diskutiert, besonders durch Einstein. Neue Gedankenexperimente wurden erfunden, um eventuell vorhandene innere Widersprüche der Theorie aufzuspüren, aber die Theorie erwies sich als widerspruchsfrei und schien allen Experimenten, soweit man sie kannte, gerecht zu werden.“[19] Zweifellos war die Brüsseler Konferenz von 1927 ein wichtiger Meilenstein beim Eindringen der mit der Quantentheorie verbundenen neuen Ideen in das Denken der Physiker. In diesem Sinne formulierte Heisenberg, daß auf diesem Kongreß die Kopenhagener Deutung gesiegt habe. Der später folgende Streit zwischen Einstein und Bohr zeigte jedoch, daß die Diskussionen noch nicht beendet waren und es auch heute noch nicht sind. Auch Langevin wandte sich zu Beginn der dreißiger Jahre entschieden gegen die von den Repräsentanten der Kopenhagener Deutung oft vertretene Idee von der Indeterminiertheit des quantenphysikalischen Geschehens. Langevin meinte zum Kongreß, daß der Wirrwarr im Denken seinen Höhepunkt erreichte, die Diskussionen jedoch auf einem hohen Niveau durchgeführt wurden.

Diskussionen gab es vor allem auch um Bohrs Meinung, der am Beispiel des Compton-Effekts die Schwierigkeiten verdeutlichte. Wird dieser als Zu-[32]sammentreffen von Lichtquant und Elektron interpretiert, so wird an ihm ja die durch die Unbestimmtheitsrelationen ausgedrückte Sachlage klar.

Wenn auch der Streit um die Kopenhagener Deutung nach 1927 noch anhielt, so kann man doch sagen, daß von der großen Mehrheit der Physiker die Bedeutung der Quantenmechanik, ihre Rolle als physikalische Theorie zur Deutung der Quanteneffekte, erkannt wurde. Der Streit ging um die mit ihr verbundenen philosophischen Probleme der objektiven Realität und des Determinismus. Teilweise erwartete man, wie etwa Einstein, de Broglie und heute Vigier, Bohm und Terlezki, eine Klärung dieser Probleme durch die weitere Entwicklung der Physik. Andererseits wurde versucht, mit Hilfe positivistischer Gedankengänge die neuen philosophischen Probleme zu lösen. In dieser Richtung entwickelten sich auch vorerst manche Gedanken Heisenbergs. Eine dialektisch-materialistische Interpretation lag noch nicht vor. Sie wurde später von Fock versucht, der die Gedankengänge Bohrs mit kritischen Anmerkungen in den dialektischen Materialismus einordnete.

Nun war Heisenberg ständiger Gast der Solvay-Kongresse. Auf ihnen wurde in der Folgezeit über viele neue Ergebnisse beim Ausbau der Quantenmechanik berichtet, die sich jedoch in ihrer grundlegenden Gestalt, wie sie bis 1927 entwickelt worden war, nicht änderte. Auf dem 6. Kongreß 1930 berichtete Pauli über die Quantentheorie des Magnetismus und dabei über das nach ihm benannte Pauli-Verbot. Auf dem 7. Kongreß 1933 trat dann auch Heisenberg mit einem Beitrag auf: Allgemeine theoretische Überlegungen über die Struktur des Kerns. Er ging von der These aus, daß die Ergebnisse über die Struktur des Kerns nicht dazu zwingen, über die Quantenmechanik hinauszugehen, weshalb die erste Aufgabe der Kerntheorie darin bestehe, so genau wie möglich die Grenzen der Anwendbarkeit der Quantenmechanik in diesem Gebiet zu bestimmen.

Bereits 1932 hatte Heisenberg gezeigt, daß Atomkerne aus Protonen und Neutronen bestehen. Er hatte das Problem des Heliumspektrums gelöst und Beiträge zur Theorie des Ferromagnetismus geliefert.

1929 war er einige Monate in Amerika, wo er Vorlesungen hielt, die 1930 als Buch erschienen. In diesen Vorlesungen propagierte er die Grundideen der Quantenmechanik. Mit Hilfe von Gedankenexperimenten zeigt er den Welle-Korpuskel-Dualismus und die Unumgänglichkeit

[19] W. Heisenberg, Physik und Philosophie, S. 27.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

der Unbestimmtheitsrelationen.[20] So diskutiert er die Ortsmessung durch ein Mikroskop, die Messung eines Elektrons beim Durchgang durch einen Spalt und andere Beispiele. Einerseits benutzt er dabei die Grundtatsachen der Wellenvorstellung zur [33] Kritik des Korpuskelbildes und andererseits das Korpuskelbild zur Kritik der physikalischen Begriffe des Wellenbildes. Dabei geht es ihm, wie er im Vorwort formulierte, darum, darzulegen, daß nicht der Übergang von einem Bild zum anderen die Probleme löst: „Diese weitgehende Symmetrie des Buches in Bezug auf die Wörter ‚Partikel' und ‚Welle' soll unter anderem auch dartun, daß man etwa in der Frage nach der Gültigkeit des Kausalgesetzes oder in anderen prinzipiellen Fragen nichts gewinnt, wenn man von der einen Vorstellungsweise zu der anderen übergeht."[21]

Eine ganze Reihe von Vorträgen, die Heisenberg nun in der Folgezeit hielt, sind den philosophischen Problemen der Quantenmechanik gewidmet. Schon 1927 hatte er in einem Artikel in der Zeitschrift für Physik auch zum Kausalgesetz Stellung genommen. Es heißt dort: „An der scharfen Formulierung des Kausalgesetzes: Wenn wir die Gegenwart genau kennen, können wir die Zukunft berechnen – ist nicht der Nachsatz, sondern die Voraussetzung falsch. Wir können die Gegenwart in allen Bestimmungsstufen prinzipiell nicht kennenlernen. Deshalb ist alles Wahrnehmen eine Auswahl aus einer Fülle von Möglichkeiten und eine Beschränkung des zukünftig Möglichen. Da nun der statistische Charakter der Quantentheorie so eng an die Ungenauigkeit aller Wahrnehmungen geknüpft ist, könnte man zu der Vermutung verleitet werden, daß sich hinter der wahrgenommenen statistischen Welt noch eine ‚wirkliche' Welt verberge, in der das Kausalgesetz gilt. Aber solche Spekulationen erscheinen uns anfechtbar und sinnlos. Die Physik soll nur den Zusammenhang der Wahrnehmungen formal beschreiben. Vielmehr kann man den wahren Sachverhalt viel besser so charakterisieren: Weil alle Experimente den Gesetzen der Quantenmechanik unterworfen sind, so wird durch die Quantenmechanik die Ungültigkeit des Kausalgesetzes definitiv festgestellt."[22]

Hier finden wir auch das von Heisenberg proklamierte Prinzip, die Physik dürfe nur den Zusammenhang der Wahrnehmungen formal beschreiben. Diese These wird von ihm später aufgegeben, weil seine eigene theoretische Arbeit zeigt, daß der Theorie dadurch Zügel angelegt würden. Seine Arbeit an der Elementarteilchentheorie hei Beibehaltung dieses Prinzips ist undenkbar. Zugleich wird hier deutlich, daß der Positivismus zwar Einfluß erlangen konnte, als es um die Erklärung des physikalischen Tatsachenmaterials in den 20er und 30er Jahren ging, daß jedoch eine dauerhafte Verbindung zwischen Positivismus und theoretischer Physik nicht möglich ist. Das zeigt auch die Entwicklung der philosophischen Ansichten Heisenbergs.

[34] Das von ihm als eines der philosophischen Kernprobleme schon 1927 erwähnte Kausalgesetz spielt in den folgenden Vorträgen eine große Rolle.

So spricht er auf der 2. Tagung für die Erkenntnislehre der exakten Wissenschaften in Königsberg 1930 über das Thema: „Kausalgesetz und Quantenmechanik". Die von ihm dargelegten Grundgedanken bestehen in folgendem: Es ist prinzipiell unmöglich, den gegenwärtigen Zustand eines isolierten Systems exakt in allen Bestimmungsstücken zu kennen, weshalb auch der zukünftige Zustand nicht exakt vorausgesagt werden kann. Gerade die Atomtheorie zeigt deshalb, daß das Kausalgesetz, nach dem der zukünftige Zustand sich eindeutig aus dem gegenwärtigen ergibt, inhaltsleer ist. Das präzise Kausalgesetz der klassischen Physik gilt nicht mehr. Die Quantentheorie liefert nur statistische Aussagen. Heisenberg formuliert ein eingeschränktes Kausalgesetz, „das auch in der Atomphysik präzis richtig und sinnvoll bleibt: ‚Wenn die Bestimmungsstücke eines isolierten Systems zu einer gegebenen Zeit genau bekannt sind, so gibt es zu jeder späteren Zeit Experimente an diesem System, deren Resultate

[20] W. Heisenberg, Die physikalischen Prinzipien der Quantentheorie (1930^1), Leipzig 1941^2.
[21] Ebenda, Vorwort.
[22] W. Heisenberg, Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik. In: „Zeitschrift für Physik", Bd. 43 (1927), S. 97.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

genau determiniert sind und vorausberechnet werden können, wenn das System keinen Störungen ausgesetzt ist, außer denen, die durch das genannte Experiment verursacht werden‘.“[23]

Heisenberg wendet sich jedoch berechtigt gegen die ungenügende Erforschung der neuen Situation und die einfache Behauptung, alles sei determiniert. Die klassische Determiniertheit versagt bei den Quantenobjekten, obwohl alles verursacht ist, weshalb Heisenberg auch meint, „denn es bleibt immer unbenommen an den Stellen, an denen die Vorgänge unserer Erfahrung undeterminiert sind, zu sagen: Wir kennen die Ursache noch nicht. Eine solche erfolgreiche Verteidigung des Kausalprinzips ist allerdings ein Pyrrhussieg, denn das Kausalgesetz, das man gerettet hat, ist zu Aussagen über die Wirklichkeit nicht mehr zu brauchen.“[24]

Zweifellos hilft diese Behauptung allein nicht weiter. Wir werden später zeigen, daß vor allem die Untersuchung der Formen des Zusammenhangs und damit die Konzeption des dialektischen Determinismus mit der Anerkennung von nicht eindeutig determinierten objektiven Zufällen die physikalische Situation philosophisch erfaßt. Heisenberg negiert nur die alte Konzeption, ohne eine neue auszuarbeiten. Sein Kampf gilt dem veralteten Laplaceschen Determinismus, der der neuen physikalischen Situation nicht gerecht wird.

Dabei treten auch positivistische Thesen auf, wie die Behauptung, daß eine „objektive Physik“, das heißt eine ganz scharfe Trennung der Welt in Sub-[35]jekt und Objekt nicht mehr möglich sei. Die moderne Atomphysik handele nach Heisenberg nicht mehr vom Wesen und Bau der Atome, sondern von den Vorgängen, die wir beim Beobachter wahrnehmen. Der Beobachtungsprozeß kann nach ihm nicht objektiviert und sein Resultat nicht unmittelbar zum realen Gegenstand gemacht werden.[25]

Mit diesen Thesen wurde unter positivistischem Gewand eine Reihe interessanter erkenntnistheoretischer Fragen aufgeworfen, die auch heute noch nicht ausreichend von marxistischen Philosophen erforscht sind. Der positivistische Gehalt verschwand immer mehr, aber die Probleme blieben. Es sind die Fragen, die mit der Erkenntnis von Objekten durch den Menschen, der im Prozeß seiner Erkenntnis die Objekte verändert, relative Wahrheiten entdeckt, Modelle sucht und Theorien formuliert, verbunden sind. Die Theorie ist nicht der objektiv-reale Prozeß selbst, sondern nur seine annähernd adäquate Widerspiegelung. In der Diskussion zu seinem Vortrag drückte Heisenberg das auch aus: „Das System hat keine objektive Realität in dem Sinne, daß jeder Beobachter dasselbe sieht, da jeder durch seine Beobachtung das System verändert. Daher kann man nicht sagen, daß die Wellenfunktion identifiziert werden kann mit dem ‚Ding an sich‘, sondern die Wellenfunktion ist eine mathematische Abstraktion.“[26]

Jeder Beobachter macht in seinem Experiment Erfahrungen mit anderen Teilchen, anderen Orten und Impulsen; was er jedoch genauso erfährt wie jeder andere Beobachter, ist das physikalische Gesetz. Zweifellos ist nicht die Wellenfunktion das „Ding an sich“, aber sie ist die Widerspiegelung objektiver Sachverhalte im Denken der Menschen. Ebenso sind auch die von Heisenberg gefundenen Unbestimmtheitsrelationen ein objektives Naturgesetz in dem Sinne, daß sie allgemein notwendige und wesentliche Beziehungen ausdrücken, die nicht vom Willen der Menschen abhängen, sondern unabhängig von ihm existieren. Mehr sagen wir aber auch nicht aus, wenn wir die Objektivität behaupten. Nicht der im Experiment untersuchte Prozeß ist unabhängig von der Einwirkung durch den Menschen, sondern die in den durch den Menschen hervorgebrachten Variationen der Prozeßabläufe sich zeigenden allgemeinen Beziehungen, die reproduzierbar sind, eben die physikalischen Gesetze, sind Widerspiegelungen objektiver Sachverhalte.

[23] W. Heisenberg, Kausalgesetz und Quantenmechanik. In: Erkenntnis, Bd. II (1931), S. 179.
[24] Ebenda, S. 181.
[25] Ebenda, S. 182.
[26] Ebenda, S. 186 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Aber diese Probleme, in Heisenbergs Ausführungen enthalten, wurden von ihm selbst nicht klar formuliert. Seine Bemerkungen waren im Gegenteil oft gegen den Materialismus und Determinismus überhaupt gerichtet, obwohl dafür keine begründeten Argumente vorlagen. Es wurde einfach mechanischer [36] Materialismus mit Materialismus überhaupt und klassischer Determinismus mit Determinismus überhaupt identifiziert.

Auch in einem Vortrag vom 9.12.1930 in Wien diskutierte Heisenberg die Probleme der Objektivität und Kausalität. Er verband sie mit der Formulierung von der Unanschaulichkeit der modernen Physik. Das verweist auf neue erkenntnistheoretische Probleme, die es zu klären gilt und deren Klärung mit dem Aufgeben von klassischen Vorstellungen über die Anschaulichkeit verbunden ist.[27]

Immer wieder geht es Heisenberg darum, die mit den Entdeckungen der Physik verbundenen neuen Fragen zu behandeln; ob es das Verhältnis von Materie und Substanz, Materie und Raum ist oder aber die allgemeinsten erkenntnistheoretischen Fragen, die darin gipfeln: Sind wir in der Lage, die Welt zu erkennen? Dabei taucht bereits in den ersten Vorträgen Heisenbergs ein Gedanke auf, den wir später immer wieder finden. Er verweist auf die enorme Bedeutung der Mathematik und die Rolle der Theorie. In seinem Vortrag, den er am 19.9.1932 in der Sächsischen Akademie der Wissenschaften hielt, versucht er die Frage zu beantworten, ob die Naturwissenschaft den Anspruch erheben darf, zu einem Verständnis der Natur zu führen. Er trifft die Feststellung: „Da es üblich geworden ist, den Werdegang der Naturwissenschaft als eine Kette glänzender und überraschender Entdeckungen zu sehen, deren innerer Zusammenhang vom menschlichen Geist durch das Instrument der Mathematik erschlossen werden kann, scheint es mir wichtig, einmal einen anderen weniger in die Augen fallenden Zug in der Entwicklung der Naturwissenschaft hervorzuheben, der einem sorgfältigen Beobachter ihres Werdeganges nicht entgehen kann und der sozusagen für das innere Gleichgewicht unserer Wissenschaft sorgt: Fast jeder Fortschritt der Naturwissenschaft ist mit einem Verzicht erkauft worden, fast für jede neue Erkenntnis müssen früher wichtige Fragestellungen und Begriffsbildungen aufgeopfert werden. Mit der Mehrung der Kenntnisse und Erkenntnisse werden so in gewisser Weise die Ansprüche der Naturforscher auf ein ‚Verständnis' der Welt immer geringer."[28] Er schildert den Weg der Naturwissenschaft als ein Abgehen vom ursprünglichen Erklären hin zum Beschreiben der Natur. Fortschritte der Physik zeigen für ihn nicht unmittelbares Wissen, sondern analytisches Begreifen. An der Entwicklungslinie Galilei, Kopernikus, New-[37]ton versucht er seine Gedanken zu erläutern. Seine Stellungnahme zu Galilei macht uns das echte erkenntnistheoretische Problem deutlich, um das es Heisenberg geht: „Der Ausgangspunkt der Physik Galileis ist abstrakt und liegt ganz in der Linie, die schon Platon für die Naturwissenschaft vorgezeichnet hatte: Aristoteles hatte noch die wirklichen Bewegungen der Körper in der Natur beschrieben und daher zum Beispiel festgestellt, daß die leichten Körper im allgemeinen langsamer fallen als die schweren; Galilei dagegen stellt die Frage: Wie würden die Körper fallen, wenn es keinen Luftwiderstand gäbe, wie fallen die Körper im ‚leeren Raum'? Es gelingt ihm, die Gesetze dieser theoretischen Bewegung, die sich experimentell stets nur annähernd realisieren läßt, mathematisch zu formulieren. An die Stelle des unmittelbaren Eingehens auf die Vorgänge der Natur, die uns umgibt, tritt die mathematische Formulierung eines Grenzgesetzes, das nur unter extremen Bedingungen nachgeprüft werden kann. Die Möglichkeit, aus den Naturvorgängen auf einfache, präzis formulierbare Gesetze zu schließen, wird erkauft durch den Verzicht darauf, diese Gesetze unmittelbar auf das Ge-

[27] W. Heisenberg, Die Rolle der Unbestimmtheitsrelationen in der modernen Physik. In: „Monatshefte für Mathematik und Physik", Bd. 38 (1931), S. 365 ff. Zur Anschaulichkeit: H. Hörz, Zur Anschaulichkeit in der Quantentheorie. In: Natur und Erkenntnis, Berlin 1964.

[28] W. Heisenberg, Zur Geschichte der physikalischen Naturerklärung. In: Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft, Stuttgart 1949, S. 22.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

schehen in der Natur anzuwenden.“[29] Es geht um das Wesen der Naturerkenntnis, die im abstrakten theoretischen Erfassen der Naturwirklichkeit besteht. In diesem Sinne kommt Galilei in der Entwicklung der Physik große Bedeutung zu. Er formulierte Gesetze für das Verhalten der Körper, die allgemeine notwendige und wesentliche Zusammenhänge ausdrücken. Im Einzelfall setzen sie sich aber nur als Tendenz durch. Die anschauliche Beschreibung des Einzelfalls wird durch die Hervorhebung des Unanschaulichen, Allgemeinen und Reproduzierbaren mit Hilfe der Abstraktion ersetzt. In diesem Sinne kann man den erkenntnistheoretischen Verzicht, von dem Heisenberg sprach, in doppeltem Sinne verstehen. Einmal als prinzipiellen Verzicht auf die anschauliche Beschreibung des Einzelfalls. Dabei bringt jede neue Wende in der physikalischen Naturerklärung auch eine neue Seite der Unanschaulichkeit zum Ausdruck, was uns zwingt, das Problem der Anschaulichkeit von Theorien auf ganz neue Weise zu behandeln. Zum anderen wird jedoch mit jeder Beantwortung einer Forschungsfrage eine Reihe anderer möglicher Antworten ausgeschaltet. Mit Galileis Antwort fällt die Aristotelische. Zugleich wird jedoch mit der Galileischen Antwort der Weg für eine Vielzahl neuer Fragen frei, die Antworten erfordern.

Heisenberg stellt die Beschreibung der Planetenbewegung im Timaios bei Platon und in einem modernen Lehrbuch der Astronomie einander entgegen und kommt zu der Feststellung: „Die moderne Beschreibung unterscheidet sich von der alten durch drei charakteristische Züge: dadurch, daß sie an Stelle [38] der qualitativen Aussagen quantitative setzt, daß sie verschiedenartige Phänomene auf den gleichen Ursprung zurückführt und dadurch, daß sie auf die Frage nach dem ‚Warum‘ verzichtet. Es ist im Hinblick auf diesen eben genannten Verzicht charakteristisch, daß zum Beispiel die Naturforscher der Romantik mit Newtons Theorie nicht zufrieden waren und daß ein bedeutender Gelehrter wie Lorenz Oken diese Theorie durch eine ‚lebendigere‘ zu ersetzen suchte. Oken schreibt einmal: ‚Nicht durch Stoßen und Schlagen schafft ihr die Welt, sondern durch Beleben. Wäre der Planet tot, so könnte er von der Sonne nicht angezogen werden.‘“[30] Hierin kommen prinzipiell wesentliche Seiten der Erkenntnis zum Ausdruck. Der Übergang von qualitativen zu quantitativen Aussagen ist auch heute ein Charakteristikum bei der Entwicklung neuer Theorien und ganzer neuer Wissenschaften. Hier offenbart sich das Verhältnis von Experiment und Theorie nach der Seite hin, daß theoretisch neue Zusammenhänge qualitativ vorhergesagt werden, deren quantitative Beziehung erst im Laufe umfangreicher Experimentaluntersuchungen erfolgen kann. Nach der Analyse vielseitigen experimentellen Materials werden dann bestimmte allgemeine Aspekte der untersuchten Vorgänge sichtbar. Es gelingt, allgemeine Zusammenhänge, Gesetze zu formulieren. Hier ist das Experiment die Grundlage der theoretischen Analyse oder, um mit Heisenberg zu sprechen, es werden verschiedenartige Phänomene, die experimentell untersucht werden, durch die theoretische Analyse auf ihren allgemeinen Ursprung zurückgeführt.

Jedoch ist das Verhältnis von Experiment und Theorie nicht einseitig. Das ist eine Frage, mit der sich Heisenberg in jenen Jahren der philosophischen Deutung der Quantenmechanik des öfteren beschäftigte. In seinem vor der Hauptversammlung der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte am 17. September 1934 in Hannover gehaltenen Vortrag spricht Heisenberg auch zum Verhältnis von experimenteller und theoretischer Physik: „An dieser Stelle muß kurz das Verhältnis von experimenteller und theoretischer Physik gestreift werden, das in der deutschen Öffentlichkeit in letzter Zeit manchmal schief dargestellt worden ist. Es ist selbstverständlich, daß die experimentelle Forschung überall die notwendige Vorbedingung für theoretische Erkenntnisse bildet und daß prinzipielle Fortschritte nur unter dem Druck experimenteller Resultate, nicht durch Spekulationen errungen werden. Andererseits dürfte doch oft die Richtung, in der die experimentelle Forschung fortschreitet, durch die Wege der Theorie

[29] Ebenda, S. 29.
[30] Ebenda, S. 30.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

bestimmt sein.“[31] Er erläutert das am Beispiel Keplers, für dessen Entdeckung das umfangreiche Material Tycho [39] de Brahes die Voraussetzung war, während die Richtung, in der sich die Astronomie dann entwickelte, durch die Einsichten Keplers bestimmt war.

Heisenberg kommt dann zu der Feststellung vom Zusammenhang von Technik, experimenteller und theoretischer Wissenschaft, die auch heute noch Gültigkeit besitzt: „Die Wandlung der Grundlagen der exakten Naturwissenschaft, die sich in der modernen Physik vollzogen hat, ist Schritt für Schritt durch experimentelle Untersuchungen erzwungen worden. Ein Vergleich der Arbeitsgebiete der physikalischen Laboratorien jetzt und vor zwanzig Jahren zeigt andererseits sofort, wie sehr durch die Änderung unserer Kenntnis der Naturgesetze auch die Richtung der experimentellen Forschung verändert wird; und jede Neuerung, die in der beobachtenden Physik ihren Einfluß ausübt, pflanzt sich von dort in die Entwicklung der Technik fort. Wenn also in der heutigen Zeit darüber beraten wird, ob das Interesse der Öffentlichkeit sich in erster Linie der Technik, der experimentellen oder der theoretischen Wissenschaft zuwenden solle, so sollte vor allem bedacht werden, daß diese drei Arbeitszweige sich gegenseitig bedingen und ergänzen. Es ist in jedem Zeitpunkt die Aufgabe der reinen Naturwissenschaft, den Boden urbar zu machen, auf dem die Technik wachsen soll; und da der bebaute Boden bald verbraucht wird, ist es wichtig, daß stets neuer hinzugewonnen werde. Diesem Zweck dient auch die theoretische Forschung. Letzten Endes beruht die Wechselwirkung zwischen Technik und Naturwissenschaft darauf, daß sie beide aus den gleichen geistigen Quellen gespeist werden; ein Vernachlässigen der reinen Wissenschaft wäre ein Symptom für das Versiegen der Kräfte, die das Leben von Technik und Wissenschaft gemeinsam bedingen.“[32]

Kommen wir jetzt noch einmal auf den dritten Unterschied zurück, den Heisenberg zwischen Platon und der Gegenwart bei der Beschreibung der Planetenbahnen sieht. Es war die Frage nach dem Warum, auf die die moderne Wissenschaft verzichtet. Das ist eine interessante Etappe in der Entwicklung der Naturforschung auf materialistischer Grundlage. Oken wollte noch das Leben als Grundlage für die Anziehung der Planeten einführen. Damit wäre die Mystik zur Modifikation objektiver Tatbestände oder gar als ihr Ersatz genommen worden. Das war jedoch ein Grundzug der mit Religion und Idealismus verbundenen Naturforschung des Altertums und Mittelalters, dem der Kampf vieler auch im religiösen Gewand auftretender materialistischer Naturforscher galt. Wo die Kenntnis fehlte, wurde Spekulation und Bücherglaube an ihre Stelle gesetzt. Es wurde nach dem Ursprung allen Seins geforscht. Man versuchte, den ideellen Ursprung des materiellen Seins, die Götter oder den Gott der physikalischen Prozesse zu finden. In diesem Sinne [40] kann und muß man auf die Frage nach dem Warum in der modernen Naturforschung verzichten und sie durch die Frage nach dem Wie ersetzen. Galilei stellte die Frage nicht im aristotelischen Sinne: Warum fällt der schwere Körper schneller als der leichte? Er fragte: Wie verhalten sich beide Körper im Vakuum? Man verlangte von ihm logische Gründe für seine Auffassungen, wobei die Logik der Bibel entnommen war, und wehrte sich gegen sein Beweisverfahren, das Experiment und die Beobachtung als Wahrheitskriterium anzuerkennen.

In diesem Sinne ist der Verzicht auf die Frage nach dem Warum physikalischen Geschehens ein Fortschritt. Er ersetzt Spekulation durch exaktes Forschen, das Festhalten an veralteten Auffassungen durch das Experiment als Wahrheitskriterium, die Mystik durch das Aufdecken objektiver Gesetze. Die Frage nach dem Warum physikalischen Geschehens wird für den Materialisten deshalb sinnlos, weil für ihn die objektive Realität, die existiert und Wirkungen ausübt und erkannt werden kann und muß, das zu erforschende Primäre gegenüber dem Bewußtsein ist.

[31] Ebenda, S. 15.
[32] Ebenda, S. 15 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Dabei ist die Antwort auf die Frage, wie die physikalischen Prozesse ablaufen, keine einfache Beschreibung des Sachverhalts. So würde man auch Heisenberg einseitig verstehen. Es ist die Aufdeckung der in einer Vielzahl von Erscheinungen wirkenden Gesetze. Das objektive Gesetz selbst ist die Antwort auf die Frage nach dem Wie und dem Warum. Warum sind die Bahnen der Elektronen gequantelt? Diese Frage beantwortet die Quantenmechanik durch die Aufdeckung der Gesetze des Elektronenverhaltens, also eigentlich nur, indem sie auf die Frage nach dem Wie eine theoretische Antwort gibt. Aber eben die Existenz einer Theorie, aus der sich die Folgerungen für das Verhalten der Elektronen ableiten lassen und welche Hinweise für die weitere Experimentalforschung gibt, ist eine Teilantwort auf die Frage nach dem Warum. Es gibt keine absolute Antwort auf diese letzte Frage, sondern stets nur eine relative, die in dem Wie des inneren Mechanismus des untersuchten Prozesses besteht.

Heisenberg beantwortet nun die Frage, ob die Naturwissenschaft den Anspruch erheben kann, zum Verständnis der Natur zu führen: „Ich habe versucht, Ihnen auseinanderzusetzen, wie Physik und Chemie – wir wissen kaum, durch welche Macht getrieben – sich stets weiter entwickelt haben in Richtung einer mathematischen Analyse der Natur unter dem Gesichtspunkt der Einheitlichkeit. Die Ansprüche unserer Wissenschaft auf Erkenntnis der Natur im ursprünglichen Sinne des Wortes sind dabei immer geringer geworden. Der Versuch, die Unmöglichkeit dieser letzten Art von Naturverständnis erkenntnistheoretisch zu beweisen und zu zeigen, daß die mathematische Analyse der einzig gangbare Weg war, scheint mir ebenso bedenklich [41] wie die entgegengesetzte Behauptung, es sei ein Verständnis der Natur auf philosophischem Wege ohne Kenntnis ihrer formalen Gesetze möglich. Ob eine bestimmte Art des Naturverständnisses als befriedigend und hinreichend angesehen wird, muß schließlich dem Gewissen des einzelnen oder seiner Zeit überlassen bleiben. Einen Anspruch allerdings darf die heutige Naturwissenschaft sicher mit Recht erheben: daß sie auf dem Wege ihres Fortschritts dem menschlichen Geist neue Formen des Denkens, neue Freiheiten schafft, die keine andere Wissenschaft schaffen könnte, und die als wichtige Hilfsmittel künftig in jedem Arbeitsfeld des Geistes zu brauchen sind; daß sie hierdurch ein auch für die anderen Wissenschaften wichtiges Beispiel dafür gibt, wie eine außerordentliche Erweiterung der letzten abstrakten Grundlagen unseres Denkens möglich ist, ohne daß man dafür die geringste Unklarheit oder Unschärfe in Kauf nehmen müßte.“[33]

Obwohl er die Bedeutung der Mathematik erkennt, warnt Heisenberg vor ihrer Überschätzung. Er hebt vor allem die Bedeutung der neuen Denkweise hervor, die wirklich einen Bruch mit dem klassischen Denken darstellt. Ein Problem aber bleibt bei ihm offen. Es ist seine Stellung zur Philosophie. Sie wird in dieser Etappe seiner Entwicklung von einer kritischen Haltung gegenüber vielen philosophischen Aussagen, die mit den Ergebnissen der modernen Physik unvereinbar sind, bestimmt. Die wesentliche Kritik dialektischer Materialisten an der klassischen Denkweise ist ihm nicht bekannt, außerdem existiert auch keine ausgearbeitete dialektisch-materialistische Deutung der modernen physikalischen Ergebnisse. Jedoch hätten die erkenntnistheoretischen Erwägungen von Lenin in den philosophischen Diskussionen eine große Rolle spielen können, besonders sein Materiebegriff und das von ihm betrachtete Verhältnis von objektiver, relativer und absoluter Wahrheit.

Was ist denn das Gewissen des einzelnen oder seiner Zeit, das darüber entscheidet, ob das Naturverständnis befriedigend und hinreichend ist? Wenn hier nicht dem Subjektivismus freier Lauf gelassen werden soll, dann kann das nur eine wissenschaftliche philosophische Deutung der neuen Sachverhalte sein. Die Philosophie muß die neuen Ergebnisse verallgemeinern, nicht indem sie sie in ein altes Begriffsschema zu pressen versucht, sondern indem sie gerade neuere Seiten der Theorie hervorhebt, die zu neuen weltanschaulichen Einsichten werden.

[33] Ebenda, S. 34.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Heisenbergs Stellung zu dieser Problematik ist in dieser Zeit durch die Kritik der klassischen physikalischen Auffassung bestimmt: „Die Hoffnung, alle Bereiche des geistigen Lebens von den Prinzipien der klassischen Physik her verstehen zu wollen, ist also wohl um nichts mehr gerechtfertigt als die [42] Hoffnung des Wanderers, der alle Rätsel lösen zu können glaubt, wenn er bis ans Ende der Welt reist. Nun muß aber an dieser Stelle gleich dem Mißverständnis entgegengetreten werden, als habe die Wandlung in den exakten Naturwissenschaften bestimmte Grenzen für die Anwendung des rationellen Denkens überhaupt an den Tag gebracht. Nicht dem rationalen Denken, sondern nur gewissen Denkformen ist ein engerer Anwendungsbereich zugewiesen worden.“[34]

Nicht eine Kritik des Denkens überhaupt, sondern seiner klassischen Form ist sein Anliegen. Es wird ergänzt durch die Ablehnung absoluter philosophischer Systeme, die die Probleme schon endgültig geklärt haben wollen. Zu solchen Systemen meint er: „So ist die heutige Naturwissenschaft mehr als die frühere durch die Natur selbst gezwungen worden, die alte Frage nach der Erfaßbarkeit der Wirklichkeit durch das Denken aufs neue zu stellen und in etwas veränderter Weise zu beantworten. Früher konnte das Vorbild der exakten Naturwissenschaft zu philosophischen Systemen führen, in denen eine bestimmte Wahrheit – etwa das ‚cogito, ergo sum‘ des Cartesius – den Ausgangspunkt bildete, von dem aus alle weltanschaulichen Fragen angegriffen werden sollten. Die Natur hat uns jetzt aber in der modernen Physik aufs deutlichste daran erinnert, daß wir nie hoffen dürfen, von einer solchen festen Operationsbasis aus das ganze Land des Erkennbaren zu erschließen. Vielmehr werden wir zu jeder wesentlich neuen Erkenntnis immer wieder von neuem in die Situation des Columbus kommen müssen, der den Mut besaß, alles bis dahin bekannte Land zu verlassen in der fast wahnsinnigen Hoffnung, jenseits der Meere doch wieder Land zu finden.“[35]

Das mag etwas pessimistisch klingen, weil der Erkenntnis die feste Operationsbasis genommen wird, ist jedoch seinem Wesen nach optimistisch, weil diese Auffassung den Weg nach vorn weist. Für den dialektischen Materialisten ist die Anerkennung der Materialität der Welt zugleich ständige Erkenntniskritik der bisher erreichten Ergebnisse. Eben weil die Materie außerhalb und unabhängig von unserem Bewußtsein existiert und von uns nie absolut erkannt wird, müssen wir uns kritisch gegenüber unseren bisherigen Erkenntnissen verhalten. Interessant ist in der Wissenschaft nicht das Bekannte und Erforschte. Es hilft uns, unser Leben zu verbessern, aber weiter hilft uns das heute noch nicht Erkannte, sobald es uns gelungen ist, seine Schleier zu lüften. Die Wissenschaft muß, um im Bild Heisenbergs zu bleiben, stets neue kolumbische Ausfahrten wagen und stets von neuem auf Entdeckungsreisen in unbekanntes Land gehen.

[43] Zweifellos bleibt uns als feste Operationsbasis die Materialität der Welt, aber gerade sie zwingt uns stets von neuem, den Rätseln der Materie nachzuspüren. Heisenberg ergänzt seine Auffassung durch folgende Schlußbemerkungen zu seinem Vortrag in Hannover: „Diese Einsicht kann uns vor dem früher nicht immer vermiedenen Fehler bewahren, neue Erfahrungsbereiche in ein altes, ihnen unangemessenes Begriffsgerüst einzwängen zu wollen. Daher wird es auch umgekehrt leichter sein, Denkweisen, die im Gegensatz zum Erkenntnisideal der klassischen Naturwissenschaft entstanden sind, in einen umfassenden und doch einheitlichen und logisch ausgearbeiteten Begriff von Wissenschaft einzufügen. Der Versuch, nun voreilig die verschiedenen Bereiche der menschlichen Erkenntnis zu verknüpfen mit dem Hinweis darauf, daß ihre Verschiedenheit vielleicht nicht mehr zu Schwierigkeiten führen werde, hätte allerdings ebensowenig die Kraft zu einer echten Vereinheitlichung des geistigen Lebens wie seinerzeit die Verallgemeinerung der rationalen Naturwissenschaft zum rationalistischen Weltbild. Aber wie jene Verallgemeinerung gleichwohl fruchtbar wurde, indem sie dem

[34] Ebenda, S. 19.
[35] Ebenda, S. 21.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Denken auf vielen Gebieten neue Wege zeigte, werden wir auch heute der Zukunft den besten Dienst erweisen, wenn wir den neugewonnenen Denkformen wenigstens die Wege ebnen und sie nicht um ihrer ungewohnten Schwierigkeiten willen bekämpfen. Vielleicht ist es nicht zu kühn, zu hoffen, daß uns dann neue geistige Kräfte der in den letzten Jahrzehnten so gefährdeten Einheit des wissenschaftlichen Weltbildes wieder näherbringen werden."[36]

Es muß eine der Aufgaben einer wissenschaftlichen Philosophie, eben des vom Dogmatismus befreiten dialektischen Materialismus sein, diesen Weg für neue Ideen durch richtige Verallgemeinerung neuester physikalischer Ergebnisse zu ebnen.

Heisenberg spricht sich stets für den engen Zusammenhang zwischen Philosophie und Physik aus. Obwohl er dabei manchmal, wozu wir noch kommen werden, positivistischen Gedankengängen verfiel, taucht bei ihm immer wieder, auch schon in den zwanziger und dreißiger Jahren, der Gedanke über eine enge Zusammenarbeit von Philosophie und Naturwissenschaft auf. Er selbst bemüht sich stets um das Verständnis des philosophischen Gehalts physikalischer Theorien, um ihre Ausarbeitung, Kritik und Weiterentwicklung.

Man kann diese Etappe der Herausbildung der Quantenmechanik und die Formulierung der Kopenhagener Deutung nicht behandeln, ohne abschließend auf die durch die Errichtung der Naziherrschaft in Deutschland beginnenden Schwierigkeiten für die physikalische Forschung, für den Mei-[44]nungsstreit und vor allem für die humanistische Aufgabe der Naturwissenschaft zu verweisen. Wie der sowjetische Physiker A. F. Joffe berichtet, erklärten Heisenberg und Debye, die 1933 in Leipzig arbeiteten, bei einem Treffen auf dem Solvay-Kongreß 1933, daß man versucht, die Universität vom nazistischen Einfluß frei zu halten. Sollte das nicht gelingen, dann würde man gehen. Debye ging nach Amerika. Heisenberg blieb bis zum Ende des Krieges in Leipzig. Er wurde jedoch nie zum treuen Anhänger der Nazis, wie Lenard, der die „deutsche" Physik zu begründen versuchte. Heisenberg machte auch nie ein Hehl aus den Leistungen Einsteins, des unter den Nazis verfemten Juden, weshalb er als „weißer Jude" bezeichnet wurde.

Viel Unheil und nicht wiedergutzumachende Wunden brachte das faschistische Terrorregime der Wissenschaft. Die Verbindungen brachen ab, hervorragende Gelehrte wie Einstein, Lise Meitner u. a. wurden aus Deutschland vertrieben oder gingen, weil sie nicht im faschistischen Deutschland arbeiten wollten. Viele Forscher wurden in die Kriegsforschung einbezogen. Der wissenschaftliche Nachwuchs fiel auf den Schlachtfeldern. Für die Atomphysiker begann die Epoche der Atombombe, über die wir im nächsten Abschnitt sprechen werden.

Da die Faschisten wußten, welche Bedeutung Heisenberg für die Physik besaß, und sie ihn für ihre Zwecke ausnutzen wollten, gaben sie ihm die Möglichkeit, weiter zu arbeiten und zu forschen. Als er eine Einladung zu einem Kongreß in die Sowjetunion erhielt, antwortete er deshalb, daß er keine Konflikte mit der Regierung hervorrufen möchte, weshalb er leider absagen müsse.[37]

Heisenberg war durch seine hervorragenden Arbeiten zur Begründung der Quantenmechanik Mitte und Ende der zwanziger Jahre zu einem der bekanntesten Physiker geworden, dessen Name ebenbürtig neben dem Einsteins, Plancks, Bohrs und Borns als den Vertretern der älteren Generation stand. Mit ihm war eine hervorragende Gruppe jüngerer Physiker wie Pauli, Dirac, Jordan u. a. herangewachsen. Der Faschismus und vor allem der faschistische Raubkrieg unterbrachen den Aufschwung der Physik und des allgemeinen humanen und fortschrittlichen Denkens in Deutschland. Die Arbeiterklasse im Bündnis mit den demokratischen Kräften richtete ihren Kampf gegen die Nazibarbarei und verteidigte ihre demokratischen Rechte, jedoch vorerst ohne Erfolg. Die humanistische Gesinnung des Wissenschaftlers war verpönt.

[36] Ebenda.
[37] A. F. Joffe, Begegnungen mit Physikern, Moskau 1962 (russ.), S. 52.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Die Mehrheit der Wissenschaftler bekannte sich entweder voll zu den Gegnern des Naziregimes und arbeitete illegal oder wurde verhaftet oder mußte emi-[45]grieren oder verschloß sich in die wissenschaftliche Arbeit. Nur sehr wenige gingen auf Grund nazistischer Überzeugung voll zu den Nazis über.

Mit der Entdeckung der Quantenmechanik hatte das auf Grund der Quantenhypothese und der Relativitätstheorie schon umfangreich begonnene philosophische Gespräch neue Nahrung bekommen. Heisenberg bemühte sich Ende der zwanziger und in den dreißiger Jahren um das Verständnis der philosophischen Probleme der Quantenmechanik. Er verbreitete Gedanken der Kopenhagener Deutung der Quantentheorie und hielt Vorträge über die mit ihr verbundenen allgemeinen erkenntnistheoretischen Probleme.

Faschismus und Krieg unterbrachen auch hier den so fruchtbar begonnenen internationalen Meinungsstreit. Alle Diskussionen wurden durch die furchtbaren Ereignisse überschattet. Die Verbindungen zerbrachen an der feindlichen Haltung Hitlerdeutschlands gegenüber vielen anderen Nationen. Der 8. Solvay-Kongreß mit dem Thema „Elementarteilchen und ihre Wechselwirkung“ wurde mehrmals verschoben und nicht mehr durchgeführt.

Es setzte eine Umgruppierung wissenschaftlicher Zentren ein. Viele hervorragende Gelehrte trafen sich in den USA und machten sie zu einer wissenschaftlichen Hochburg ersten Ranges, der es dann auch gelang, den Wettlauf in der Atomrüstung vorerst zu gewinnen und die Atombombe zu produzieren. Ihr Abwurf auf Hiroshima und Nagasaki brachte ihnen die moralische Verachtung der Völker der Welt ein. Viele human gesinnte Wissenschaftler wandten sich gegen die Produktion und den Einsatz dieser Massenvernichtungswaffen. Jedoch hiervon soll später noch die Rede sein.

Es zeigt sich hier, wie die gesellschaftlichen Verhältnisse direkt in das wissenschaftliche Leben und das persönliche Verhalten des einzelnen Menschen eingreifen. Die faschistische Herrschaft zerstörte die Grundlagen für eine mit dem humanen Geist ihrer Schöpfer verbundene fruchtbare wissenschaftliche Entwicklung auf lange Zeit.

3. Die Suche nach dem überkritischen Reaktor

Die Periode, in der in Deutschland nach dem überkritischen Reaktor gesucht wurde, entspricht der Periode des Atombombenbaus in Amerika. Seinen Ausgangspunkt nahm die Forschung auf diesem Gebiet in Deutschland.

Schon 1935 hatte der Italiener E. Fermi Ergebnisse von Untersuchungen, durch die Bestrahlung von Uran mit Neutronen schwerere Elemente Transurane zu erhalten, veröffentlicht. Hahn, Lise Meitner u. a. in Deutschland befaßten sich mit diesen Stoffen weiter. Am 6.1.1939 veröffentlichten Hahn und Straßmann ihre sensationelle Entdeckung, daß die Atomkerne möglicher-[46]weise beim Beschuß mit Neutronen in zwei Teile zerlegt werden. In ihrer zweiten Arbeit am 28.1.1939 sind Hahn und Straßmann überzeugt, daß es sich um Kernspaltung handelt. Inzwischen war die Nachricht über Kopenhagen zu Niels Bohr in die USA gelangt, der sie auf einer Tagung von theoretischen Physikern in Washington bekanntgab, wo sie als Sensation aufgefaßt wurde. Manche gingen daraufhin sofort, noch im Gesellschaftsanzug, von der Sitzung ins Labor und stellten einige Versuche an.

Die 1938 aus Deutschland emigrierte Mitarbeiterin Hahns, Lise Meitner, hatte mit ihrem Neffen, W. Frisch, berechnet, daß bei der Spaltung ungeheure Energiemengen frei werden. Sie reichten ihr Ergebnis am 16.1.1939 bei der englischen Zeitschrift „Nature“ ein. Am 23.1.1939 hatten die deutschen Physiker S. Flügge und G. v. Drosh bei der „Zeitschrift für physikalische Chemie“ eine Arbeit abgeliefert, die dasselbe Resultat zum Inhalt hatte. Am 7. April 1939 veröffentlichten die französischen Physiker Halban, Joliot Curie und Kowarsky die Mitteilung, daß eine Kettenreaktion zur Kernenergiegewinnung im Prinzip möglich sein muß. Am

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

24.4.1939 lief beim Reichskriegsministerium ein Brief von Prof. Harteck und Dr. Groth aus Hamburg ein, in dem sie darauf hinwiesen, daß die Ergebnisse von Hahn die grundsätzliche Möglichkeit der Herstellung von neuartigen, höchst explosiven Sprengstoffen zuließen Es wurden Überlegungen für ein Programm der Erforschung dieser Probleme angestellt.[38]

Die theoretische Möglichkeit der Atombombe wurde damit bereits 1939 gesehen. Noch war nicht geklärt, ob sich die theoretische Möglichkeit auch praktisch verwirklichen ließe. Um diese Frage zu beantworten, war ein ungeheurer Aufwand an staatlichen Mitteln, Menschen und Material erforderlich. Zugleich mit der Möglichkeit der Atombombe war aber auch die Möglichkeit der friedlichen Ausnutzung der gelenkten Kernreaktionen gegeben.

Der von den deutschen Faschisten begonnene zweite Weltkrieg stellte die friedliche Anwendung der Atomenergie in den Hintergrund und brachte die forcierte Forschung auf dem Gebiet der Atomspaltung zu Kriegszwecken mit sich. Besonders groß war dabei der Aufwand in den USA. Viele Wissenschaftler in Amerika waren überzeugt, daß die Faschisten alle Kräfte zum Bau der Atombombe einsetzen werden. Besonders die Gelehrten, die vor dem Faschismus geflohen waren, und die Fähigkeiten ihrer Kollegen in Deutschland kannten, warnten die amerikanische Regierung vor den möglichen Folgen, die entstehen könnten, wenn die Faschisten die Atombombe in die Hände bekämen. Schon 1939 erörterte E. Fermi mit amerikanischen [47] Regierungsvertretern die Frage, ob die Forschung auf diesem Gebiet nicht ausgebaut werden sollte. Nachdem sich Einstein in einem Brief an den Präsidenten der USA gewandt hatte, in dem er die Gefahren darstellte und die Forderung aufstellte, die Probleme der Ausnutzung von Atomenergie zu Kriegszwecken zu erforschen, um den Faschisten zuvorzukommen, wurde ein Konsultativkomitee für Uran geschaffen, um die Frage zu studieren. Als im April 1940 bekannt wurde, daß im Kaiser-Wilhelm-Institut in Berlin eine intensive Erforschung des Urans begann, wurde die Arbeit des Komitees aktiviert. Bereits in den Jahren 1940 und 1941 wurde eine Vielzahl von Laboratoriumsversuchen durchgeführt, die der Verwirklichung der gelenkten Kettenreaktionen im Uran-235 dienten. Im März 1941 erhielt die Gruppe von Glen Sieborg das erste Plutonium-239, und wenig später gelang es, zu zeigen, daß das Plutonium ebenso leicht zu spalten ist wie das Uran-235. Im Dezember 1941 wurde die Erweiterung der Ausgaben für die Forschungen auf diesem Gebiet beschlossen. Schon am 17. Juni 1942 wurde dem Präsidenten der USA mitgeteilt, daß der Bau der Atombombe völlig real ist. Nun begann die Orientierung auf die Projektierung der entsprechenden Industrie zum Bau der Atombombe. Die Hauptaufgabe bestand nach dem Leiter des Atombombenprojekts General Groves darin: erstens die Waffe zu schaffen, die den Sieg im Kriege sichert, und zweitens sie früher als die Gegner zu schaffen.[39] Das Atombombenprojekt erhielt bald darauf die höchste Dringlichkeitsstufe. Es wurde vorrangig mit Menschen und Material versorgt. Große Industrieanlagen entstanden, viele Laboratorien und bedeutende Gelehrte wurden in die Arbeit eingespannt. Am 5. August 1945 fiel die erste Atombombe auf Hiroshima. Damit war der Wettlauf zugunsten Amerikas entschieden. Erst später stellte sich heraus, daß im faschistischen Deutschland die Forschungen auf diesem Gebiet gar nicht in dem forcierten Tempo, das in Amerika der Grund für die ungeheuren Ausgaben war, durchgeführt wurden.

Bereits am 26. September 1939 wurde in einer Sitzung im Heereswaffenamt der deutschen Wehrmacht erwogen, die Eigenschaften der Urankerne genauer zu untersuchen.[40] Es wurde den anwesenden Wissenschaftlern die Frage vorgelegt, ob es verantwortet werden könne, daß von seiten des Heereswaffenamtes ein größeres Programm zur Kernenergiegewinnung in

[38] Vgl. Bagge – Diebner – Jay, Von der Uranspaltung bis Calder Hall, Hamburg 1957, S. 16 ff.
[39] L. R. Groves, Jetzt kann man darüber reden, Moskau 1964 (russ. Übersetzung aus dem Englischen), S. 33.
[40] Vgl. auch für die folgenden Angaben über die Versuche des Heereswaffenamtes und der Gruppe deutscher Wissenschaftler auf dem Gebiet der Kerngewinnung: Bagge – Diebner – Jay, Von der Uranspaltung bis Calder Hall, S. 20 ff.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Angriff genommen werde. Um die Physiker für diese Aufgabe zur Verfügung zu haben, wurde der militärische Gestellungsbefehl ausgeschrieben.

[48] So erhielt auch Dr. Bagge, Assistent am Theoretisch-physikalischen Institut in Leipzig, seinen Gestellungsbefehl und arbeitete die Richtlinien für ein Arbeitsprogramm aus, das am 26.9. beraten werden sollte. Da viele der einberufenen Physiker ihren Gestellungsbefehl ernst nahmen, kamen sie mit dem Soldatenkoffer angereist. Erst in Berlin erfuhren sie, worum es geht, und sie berieten das Programm zur Kernenergieerzeugung.

Heisenberg selbst nahm an dieser ersten Beratung der Wissenschaftler nicht teil. Eingeladen waren: Bagge, Basche, Bothe, Diebner, Flügge, Geiger, Harteck, Hoffmann und Mattauch.

Für die nächste Sitzung wurde auf Vorschlag Dr. Bagges, des Assistenten von Werner Heisenberg, auch dieser eingeladen, weil man die Bedeutung der theoretischen Seite bei der Arbeit nicht vernachlässigen konnte. Die Hauptorientierung für die nächste Zeit lief nun darauf hinaus, Messungen von Wirkungsquerschnitten vorzunehmen und die Neuentwicklung von Isotopen-Trenneinrichtungen zu betreiben. Im Oktober fand wiederum eine Sitzung statt, an der nun auch Clusius, Döpel, Heisenberg, Hahn, Joos und von Weizsäcker teilnahmen. Die anwesenden theoretischen Physiker erklärten ihre Bereitschaft, sich der theoretischen Bearbeitung der Kettenreaktion zu widmen.

Offensichtlich wirkte dabei nicht eine so große Reihe moralischer Faktoren stimulierend auf das Arbeitstempo ein, wie das bei den Gegnern des Faschismus in Amerika der Fall war, die neben dem wissenschaftlichen Interesse auch fürchteten, die Faschisten möchten ihnen zuvorkommen und ihre Weltherrschaftspläne mit Hilfe der Atombombe verwirklichen. Viele Physiker – und vor allem Einstein bedauerte das tief – mußten später mit ansehen, wie die herrschenden Kreise der USA auf Grund des Atombombenmonopols in eine Politik der Stärke verfielen, die aber allmählich weder wirkungslos wurde, nachdem auch die Sowjetunion über Kernwaffen verfügte. Die humanistische Gesinnung der Physiker, die in Amerika lebten und Gegner des Faschismus waren, wirkte sich auf das Tempo der Atombombenentwicklung in den USA aus; während es in Deutschland von vornherein unter den in Frage kommenden Physikern keine glühenden Verfechter des Nazismus gab. Trotzdem wurden die Arbeiten vorerst schnell aufgenommen, und noch im Oktober 1939 reichte Heisenberg eine Arbeit über die technischen Möglichkeiten der Energiegewinnung aus der Uranspaltung beim Heereswaffenamt ein. Die Arbeit enthielt eine Reihe neuer Gesichtspunkte, darunter die Feststellung, daß diese „Uranmaschinen“ im Falle ihrer Selbsterregung nicht beliebig hohe Temperaturen annehmen dürfen, da sonst der Prozeß der Selbsterregung zum Stillstand kommt. Außerdem wurde der Verwendung von [49] schwerem Wasser in Verbindung mit natürlichem Uran die größte Aussicht zugesprochen, zum selbsterregten Reaktor zu führen.

In den verschiedenen Instituten in Deutschland wurden nun die Wirkungsquerschnitte für die einzelnen Substanzen bestimmt. Heisenberg und Döpel konnten in Leipzig feststellen, daß der Absorptionsquerschnitt dieser Substanz äußerst gering ist.

Gleichzeitig wurden schon erste Untersuchungen über die Schichtenanordnung in Uranbrennern mit verhältnismäßig kleinen Uranmengen durchgeführt. Wie schwierig die Situation für die Forscher durch die schlechte Materialbereitstellung war, zeigt sich auch daran, daß Heisenberg sich noch am 29.4. 1940 in seinem Brief an Harteck mit diesem über die Verwendung von 150 kg Uranoxyd einigen mußte.

Viele Schichtenversuche führte man durch, ohne daß sich eine günstige Anordnung zeigte, die den überkritischen Reaktor ermöglichte. Seit Frühjahr 1941 wurden in Leipzig Versuche, nun schon mit Uranmetallpulver, unternommen, auch Schwerwasser wurde schon verwendet. Im Frühjahr 1942 baute man in eine Kugel von 37 cm Radius 750 kg Uranmetallpulver und 220 l schweres Wasser schichtenweise konzentrisch ein. Im Frühjahr 1941 war die Neutronenpro-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

duktion noch zu gering, um zu einem selbsterregten Uranbrenner zu führen. Beim vierten Leipziger Versuch zeigten dann die Messungen, daß mehr Neutronen die Oberfläche verließen, als hineingebracht wurden. Das konnte als erster Nachweis für die Möglichkeit einer selbsterregten Kettenreaktion angesehen werden.

Auch in Amerika wurden mehrere Anordnungen ausprobiert. Von Juli bis Dezember 1941 wurden an der Columbia-Universität von Fermi Versuche mit verschiedenen Dimensionen der Uran-Graphit-Teile durchgeführt. Fermi war nahe an die Selbsterregungsprozesse herangekommen. Bagge und Diebner meinen dazu: „Zur gleichen Zeit besaßen wir in Deutschland durch das Ergebnis der Leipziger Versuche mit Uranmetall und schwerem Wasser einen echten Zeitvorsprung, da wir bei hinreichenden Materialmengen eine im Prinzip überkritische Anordnung vor uns hatten. Daß in Deutschland aus den Ergebnissen der Leipziger Arbeit lediglich der Schluß gezogen wurde, die Versuche im bisherigen Ausmaß weiterzuführen, während auf der anderen Seite des Ozeans die Aufnahme der Arbeiten zur Kernenergiegewinnung in größtem Stile eingeleitet wurde, mußte sich auf den Fortgang der deutschen Forschung notwendigerweise stark hemmend auswirken.“[41]

Jedoch kam es bis zum Kriegsende in Deutschland nicht mehr zum selbsterregten Uranbrenner. Am 2. Dezember 1942 wurde in Chikago Fermis Reak-[50]tor in Betrieb genommen. Nun verliefen die Forschungen auf dem Gebiet der Kernenergiegewinnung in Amerika und Deutschland in verschiedener Richtung. Für die amerikanischen Wissenschaftler, Militärs und Politiker war die Inbetriebnahme des Reaktors ein wesentlicher Schritt bei der Verwirklichung des Atombombenprojekts Die Forschungen wurden weiter fortgesetzt. Ende 1942 wurde mit dem Bau großer Werke zur Herstellung von Plutonium und Uran-235 begonnen.

In Deutschland sandte am 5.12.1941 der Chef der Forschungsabteilung im Oberkommando des Heeres ein Rundschreiben an Professoren und Institutsdirektoren, die mit der Kernenergiegewinnung zu tun hatten. Das Schreiben hatte folgenden Wortlaut:

„Betr.: Arbeitsbesprechung.

Sehr geehrter Herr Professor! Die Arbeiten des von der Arbeitsgemeinschaft übernommenen Vorhabens bedingen einen Einsatz, der bei der augenblicklichen Wehrersatz- und Rohstofffrage nur verantwortet werden kann, wenn Gewißheit besteht, in absehbarer Zeit eine Anwendung zu erreichen. Es soll daher am Dienstag, den 16.12.1941, um 10 Uhr vormittags eine Besprechung im Heereswaffenamt – Forschungsabteilung, mit den an den Untersuchungen führend beteiligten Herren Institutsleitern stattfinden. Nach Abfassung eines gemeinsamen Berichtes über den Stand der Versuche und die weitere Planung mit Angabe von Terminen für den Abschluß von Teilproblemen werde ich den Herrn Chef des Heereswaffenamtes von dem Ergebnis der Besprechung unterrichten und die Entscheidung über die Art der weiteren Behandlung der Angelegenheit höheren Orts herbeiführen.“[42]

Auf der Sitzung wurde beschlossen, eine Tagung im Februar zu veranstalten, auf der eine Übersicht über die bisherigen Arbeiten gegeben werden sollte. Noch bevor die Tagung stattfand, wurde beschlossen, die Arbeiten aus dem Heereswaffenamt herauszunehmen und dem Reichsforschungsrat zu übertragen. Dort sollten sie als reines Forschungsvorhaben betrieben werden.

Die Tagung fand vom 26. bis 28.2.1942 in Berlin am Kaiser-Wilhelm-Institut statt. Das Oberkommando des Heeres hatte gefordert, daß innerhalb von einem dreiviertel Jahr die Arbeiten bis zur kriegsmäßigen Verwendung durchgeführt sein müßten. Diese Versicherung konnte keiner der deutschen Physiker abgeben, weshalb nun die Arbeit in kleinem Maßstab weitergeführt wurde.

[41] Ebenda, S. 28.
[42] Ebenda.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Dieser Beschluß, der für die Entwicklung der Wissenschaft ein Hemmnis war, verhinderte es aber zugleich, daß die deutschen Physiker dem barbarischen Feind der Menschheit, dem Hitlerfaschismus, eine Waffe zur Ver-[51]teidigung seiner Herrschaftsansprüche in die Hand gaben. Wir wissen, daß die Verwendung von großen Mitteln für den Bau der V-Waffen den Faschisten zum Siege verhelfen sollte. Rücksichtslos setzten sie alle möglichen Waffen ein und hätten auch nicht vor der Anwendung der Atombombe zurückgeschreckt. Selbst auf die Gefahr hin, die Menschheit zu vernichten, hätten sie ihren Einsatz gefordert. Insofern kann man diesen Beschluß nur begrüßen. Zweifellos wurde die einstige Größe der deutschen Physik dabei mitgeopfert. Sie geriet für lange Zeit aussichtslos ins Hintertreffen. Die Diskussion kann jedoch nicht über eine Maßnahme geführt werden, sondern sie muß das Übel mit der Wurzel aufdecken. Die Wurzel ist der Krieg, ist der Herrschaftsanspruch der Faschisten und ist heute wieder die Kriegsvorbereitung der Imperialisten. Will man deshalb als humanistischer Gelehrter die Schlußfolgerungen aus der Geschichte der Atombombe ziehen, dann sind diese mit der Verantwortung des Gelehrten für die friedliche Verwendung seiner wissenschaftlichen Ergebnisse, mit seinem Kampf um den Frieden und gegen den Krieg verbunden. In dieser Richtung liegt auch die Unterzeichnung des Göttinger Appells durch Heisenberg.

Die in der Zeit der Suche nach dem überkritischen Reaktor von Heisenberg geleisteten Arbeiten hatten auch in der Folgezeit große Bedeutung. Ende 1939 und Anfang 1940 entwickelte Heisenberg eine Theorie des Kernreaktors, wobei er die Probleme der Resonanzabsorption der Neutronen im Uran-238 während des Brennvorgangs untersuchte und sich mit der Anordnung von Brennstoff und Moderator sowie anderen Fragen beschäftigte. Damit bestimmte Heisenberg im wesentlichen die Entwicklung auf diesem Gebiet bis zum Kriegsende. Er begründete die Möglichkeit eines überkritischen Reaktors mit Natururan als Brennstoff und schwerem Wasser als Moderator.

Über diese Arbeiten Heisenbergs schreiben W. Häfele und K. Wirtz: „Sie bildeten, wie wir heute überschauen können, die Basis für die etwa ab 1952 wieder einsetzenden Arbeiten in der Bundesrepublik, die unter anderem in dem von Heisenberg geleiteten Max-Planck-Institut für Physik in Göttingen ihren Anfang nahmen und wiederum von ihm theoretisch und praktisch entscheidende Förderung erhielten. So können wir heute von dem im März 1961 kritisch gewordenen Karlsruher Reaktor FR 2, der mit Natururan als Brennstoff und Schwerwasser als Moderator und Kühlmittel arbeitet, eine direkte Linie bis zu jenen Arbeiten Heisenbergs im Jahre 1940 als erstem Ursprung zurückverfolgen. Es ist bekannt, daß Heisenbergs Hauptinteresse stets anderen Gebieten der Physik galt und gilt. Um so mehr haben seine Mitarbeiter stets bewundert, daß es ihm scheinbar mühelos möglich war, sich auf einem Nebengebiet wie der Reaktortheorie so rasch und umfassend einzuarbeiten [52] und für viele Jahre zum führenden Kopf für die ganze Entwicklung auf diesem Gebiet in Deutschland zu werden.“[43]

Auf der vom 26. bis 28.2.1942 stattfindenden Tagung wird der bis dahin erreichte Stand der Forschung in Deutschland im Tagungsbericht eingeschätzt. In der Einleitung heißt es: „Die bisherigen Versuche zur Nutzbarmachung von Atomkernenergien weisen darauf hin, daß es möglich sein wird, eine Uranenergiequelle zu bauen. Nach dem derzeitigen Stand wird das Tempo der auf die sogenannte ‚Uranmaschine‘ hinzielenden Arbeiten im wesentlichen durch Materialbeschaffungsfragen bestimmt. Die z. Z. vorliegenden Erkenntnisse sind im folgenden zusammengestellt.“[44] Dann werden in einem Bericht von 131 Seiten die experimentellen und theoretischen Ergebnisse der bisherigen Arbeiten zusammengefaßt. Es werden die Theorie der „Uranmaschinen“ und die experimentellen Ergebnisse über die Eigenschaften der Materialien sowie die Verfahren zur Isotopentrennung behandelt.

[43] W. Häfele und K. Wirtz, Zur Physik des Karlsruher Forschungsreaktors FR 2, In: Werner Heisenberg und die Physik unserer Zeit, Braunschweig 1961, S. 8.
[44] Bagge – Diebner – Jay, Von der Uranspaltung bis Calder Hall, S. 30.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Im Schlußwort des Berichts wird dann das positive Ergebnis der derzeitigen Forschung festgehalten: „Die vorangegangenen Betrachtungen haben einen Einblick in die Fülle der Untersuchungen gegeben, die gemeinsam mit dem Heereswaffenamt zur Lösung des Problems der Kernenergiebefreiung durchgeführt worden sind. Es besteht eine straff organisierte Arbeitsgemeinschaft, in der die bedeutendsten deutschen Forscher an dieser Aufgabe arbeiten. Die bisherigen Ergebnisse haben eine weitgehende Klärung der bei der Kernspaltung des Urans auftretenden Vorgänge gebracht und gezeigt, daß die technische Gewinnung von Kernenergie aus der Uranspaltung mit Sicherheit möglich ist, wenn reines oder angereichertes Uran 235 verwendet wird, daß aber auch mit Schichtenanordnungen von natürlichem Uran und schwerem Wasser ein Erfolg in Kürze erwartet werden kann. Die endgültige Entscheidung, in welchem Ausmaß das Problem auf diese zweite Art zu lösen ist, wird ein bereits vorbereiteter halbtechnischer Versuch mit Uranmetall und etwa 1 t schwerem Wasser bringen. Zwischenresultate von z. Z. allerdings noch nicht abgeschlossenen Versuchen in Leipzig deuten an, daß möglicherweise die bisher noch bestehende Schwierigkeit des Halterungsmaterials gegenstandslos wird.“[45]

Die Bemerkung zu den Leipziger Versuchen bezieht sich auf die bereits von uns erwähnten positiven Ergebnisse, die unter Leitung von Heisenberg erreicht wurden. Es wird dann im Schlußwort weiter darauf verwiesen, daß die Arbeiten zur Herstellung von metallischem Uran und schwerem Wasser [53] nicht nur technisch gelöst sind, sondern auch die Produktion entsprechend erfolgt und beide Substanzen in beträchtlichen Mengen zur Verfügung stehen. Es wird die Feststellung getroffen: „Auf jeden Fall sollte nach dem derzeitigen Stand schon die technische Ausgestaltung und Ausnutzung des Energieproblems vorbereitet werden. Die ungeheure Bedeutung, die sich für die Energiewirtschaft im allgemeinen und für die Wehrmacht im besonderen ergibt, rechtfertigt solche Vorausarbeiten um so mehr, als auch in den Feindstaaten, vor allem in Amerika, intensiv an dem Problem gearbeitet wird.“[46] Es wird auf die Verwendung der Uranmaschine als Energiequelle für den Antrieb von Fahrzeugen eingegangen und auf die entstehenden Strahlungsintensitäten verwiesen. Über die weitere Forschungsrichtung wird dann festgestellt: „Die Bedeutung für die Anwendung ist nach diesen kurzen Hinweisen nicht erschöpft. Es geht aber schon daraus hervor, wie notwendig eine intensive Fortführung der Arbeiten ist. So muß der schon erwähnte halbtechnische Versuch das Ziel haben, baldmöglichst eine arbeitende Uranmaschine zu erstellen, um noch offene Fragen zu klären und über die Dimensionierung technischer Anordnungen zu entscheiden. Dieser klar vorgezeichnete Weg erfordert, nachdem die auf dieses Ziel ausgerichteten vordringlichsten wissenschaftlichen Probleme als gelöst gelten können, einen bedeutenden Einsatz von Mitteln und vor allem von eingearbeiteten Mitarbeitern, deren Sicherstellung auch in der Industrie unbedingt erforderlich ist. Wenn alle Voraussetzungen gegeben sind, muß die großtechnische Erzeugung von schwerem Wasser weiter vorangetrieben und insbesondere für die Herstellung von kompaktem Uranmetall noch mehr intensiviert werden. Über die Möglichkeit der Herstellung von Kernbrennstoffen kann erst nach Anlaufen der ersten ‚Uranmaschine‘ bzw. nach Erfolg der Isotopentrennung in technischem Ausmaße entschieden werden. Vorläufig sind im Hinblick darauf noch viele Vorarbeiten zu leisten.“[47]

Die Arbeiten wurden trotz dieser optimistischen Einschätzung nicht in großem Umfang weitergeführt, während zur gleichen Zeit in den USA die Organisation des großen Atombombentrusts mit mehreren Werken und vielen Tausenden Beschäftigten unter zentraler Leitung fortgesetzt wurde. In den USA beschäftigten sich der Präsident und eine kleine Gruppe führender Politiker, Militärs und Wissenschaftler mit dem Bau der Atombombe. Nur ein kleiner

[45] Ebenda, S. 30 f.
[46] Ebenda, S. 31.
[47] Ebenda, S. 32.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Kreis war über den ganzen Umfang der Arbeiten informiert. Viele führende Wissenschaftler machten nur Teilarbeiten, ohne zu wissen, was in anderen Gruppen gearbeitet wurde.

[54] Man schloß umfangreiche Verträge mit belgischen Fabriken u. a. über die Bereitstellung von Uranerz ab, organisierte einen Überblick über die in der Welt vorhandenen Uranerzlagerstätten und organisierte auch die Spionage über die Arbeiten der Gegner auf dem Atomgebiet. Mitte 1943 wurde die Mission Alsos vorbereitet, deren Aufgabe es war, in den von amerikanischen Truppen besetzten Ländern und Städten Material über das Atomprogramm zu sammeln, die Festnahme führender Atomwissenschaftler durchzuführen und die Vorräte an spaltbarem Material zu beschlagnahmen.[48] Außerdem hatten die Mitarbeiter der Mission Alsos die Aufgabe, auch Material auf dem Gebiet der Raketentechnik, der Mittel zur Raketenlenkung und der chemischen Waffen zu sammeln.

In den USA war bekannt, daß ein großer Teil der deutschen Gelehrten zu Arbeiten an der Raketenwaffe, die in Peenemünde durchgeführt wurden, herangezogen war. Aber es waren keine Spezialisten für Kernphysik unter ihnen. Man war andererseits überzeugt, daß die wissenschaftlichen Kräfte in Deutschland vollauf genügten, um den Bau einer Atombombe zu ermöglichen. Man fertigte eine genaue Liste der deutschen Gelehrten an. Die Informationen dazu wurden aus wissenschaftlichen Zeitschriften, durch Umfragen bei den in den USA lebenden Gelehrten und bei den Gegnern des Faschismus in neutralen Ländern und durch andere Aufklärungsarbeiten zusammengeholt. Bald hatte man eine vollständige Liste mit Adressen der führenden Atomenergiespezialisten Deutschlands.

Die Mission Alsos arbeitete in Italien, Frankreich und später in Deutschland. Bei den Umfragen unter führenden Gelehrten in Frankreich sprach Joliot Curie die Meinung aus, daß die Deutschen nur kleine Erfolge bei den Arbeiten mit Uran haben und weit entfernt sind von der Schaffung einer Atombombe. Diese Angaben entsprachen vollauf der Wahrheit.

Soweit der amerikanischen Aufklärung bekannt war, wurde die Hauptarbeit an den Atomforschungen im Kaiser-Wilhelm-Institut in Berlin durchgeführt. Jedoch als die Bombenflüge auf Berlin begannen, erfuhr man aus mehreren Quellen von der Verlegung der Einrichtungen an eine gefahrlose Stelle. Im Sommer 1943 erhielt der englische Geheimdienst eine Nachricht aus der Schweiz, daß ein bekannter Gelehrter an der Herstellung eines mächtigen Sprengstoffs in einer Fabrik bei Bisingen beteiligt ist. Die Arbeiten erfolgten unter strengster Geheimhaltung. Im Herbst 1943 gelangte ein Brief eines Kriegsgefangenen, der schrieb, daß er in einem wissenschaftlichen Laboratorium arbeitet, in die Hände der amerikanischen Zensur. Der Brief hatte [55] den Stempel Hechingen im Schwarzwald. Im Frühjahr 1944 erfuhr man dann, daß Werner Heisenberg in der Nähe von Hechingen wohnte. Man wußte auch, daß Heisenberg an den Uranproblemen arbeitete. Zugleich wurde der Aufklärung auch bekannt, daß mehrere bekannte Atomforscher dort konzentriert waren. Die Arbeit der amerikanischen und englischen Aufklärung über dieses Gebiet wurde nun verstärkt fortgesetzt.

Tatsächlich war inzwischen das Kaiser-Wilhelm-Institut aus Berlin nach Hechingen verlagert worden, und Heisenberg, der inzwischen zu diesem Institut übergewechselt war, arbeitete dort zusammen mit anderen Forschern. Schon in Berlin hatte man weitere Versuche angestellt, indem man die Schichten in der Anordnung variierte. Der erwähnte Leipziger Versuch erwies die Möglichkeit des überkritischen Reaktors mit Uranmetall und schwerem Wasser. Das bestätigten alle seit diesem Versuch durchgeführten weiteren Versuche. Um die Jahreswende 1944/45 wurde in Haigerloch ein letzter Versuch vorbereitet. Es standen 1,5 t Uran und etwa 2 t schweres Wasser zur Verfügung. Bei diesem Versuch kam man sehr nahe an die kritische Grenze der Selbsterregung heran. Dazu wäre aber vor allem auch eine Vermehrung der Materialmenge erforderlich gewesen.

[48] S. Goudsmith, Mission Alsos (Übersetzung aus dem Englischen ins Russische); Moskau 1962.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Der von Heisenberg vorgeschlagene Typ des Reaktors beruhte auf der Anwendung von schwerem Wasser als Moderator. Die einzige Anlage für die Herstellung von schwerem Wasser bestand bis 1939 in Rjukan in Norwegen. Nach der Besetzung Norwegens im Jahre 1940 durch die Faschisten wurde festgestellt, daß die Monatsproduktion von 10 l schwerem Wasser bei weitem nicht den Bedarf befriedigen konnte. Vorräte gab es keine, da sie von den Franzosen unter Joliot Curie aufgekauft, erst nach Frankreich und dann nach England geschafft worden waren. 1943 wurde eine Produktion von 300 l monatlich erreicht. Etwa 2 t waren dem Heereswaffenamt schon zur Verfügung gestellt worden. Die Produktion schweren Wassers in Norwegen für die deutschen Versuche war auch den Amerikanern bekannt. General Groves, Leiter der gesamten Atomforschung in den USA, machte den Vorschlag, das Werk in Rjukan zu vernichten. Diesen Vorschlag billigte auch Eisenhower. Am 27. Februar 1943 wurde das Werk von norwegischen Partisanen und drei in den USA vorbereiteten Diversanten angegriffen. Kurz darauf erschien in einer schwedischen Zeitung ein Artikel über die Hoffnungen der Deutschen auf das schwere Wasser im Zusammenhang mit einer Geheimwaffe. Dieser Artikel wurde in London nachgedruckt, und in New York erschien am 4. April 1943 ein Artikel mit der Überschrift: Schweres Wasser – eine potentielle Waffe Deutschlands. Das war nicht im Sinne der Geheimhaltung der Atomforschung in den USA. Dort sollte niemand etwas von den Möglichkeiten einer Atombombe ahnen. General Groves schildert deshalb, wie froh er [56] war, als der Entdecker des schweren Wassers, von den Journalisten auf Grund des Artikels befragt, die Reporter mit der Antwort abspeiste: „Soviel mir bekannt ist, ist die Anwendung des schweren Wassers auf das Gebiet der experimentellen Biologie beschränkt. Ich habe überhaupt nichts über eine industrielle Verwendung gehört und kann mir nicht vorstellen, welche Beziehung es zu Sprengstoffen hat.“[49]

Das Werk in Rjukan erneuerte seine Produktion nach dem Überfall. Es wurde deshalb zum vorrangigen strategischen Objekt der Bombardierung und im November 1943 völlig zerstört. Zu dieser Zeit lagerte in Norwegen noch ein großer Vorrat an schwerem Wasser. Man beschloß, es mit einem Schiff nach Deutschland zu transportieren. Das Schiff explodierte und versank. Bagge und Diebner sehen hierin eine der Hauptursachen für das Zurückbleiben der deutschen Forschung: „Wenn man sich vergegenwärtigt, daß sich bis zum Ende des Krieges im Jahre 1945 die Deuteriumvorräte in Deutschland praktisch nicht weiter vermehrten und beim letzten Versuch in den Frühjahrsmonaten 1945 tatsächlich nicht mehr als etwa 2 ½ t schweres Wasser zur Verfügung standen, so muß man diese Auslöschung der Deuteriumproduktion in Norwegen als eine der wesentlichen Ursachen dafür ansehen, daß Deutschland bis Kriegsende nicht zum selbsterregten Reaktor kam. Wenn amerikanische Darstellungen der Vorgänge auf dem Urangebiet in Deutschland zu anderen Schlußfolgerungen gelangten, so sind sie unrichtig. Bei einer Monatsproduktion von 300 l D_2O hätten wir bereits mit Ablauf des Jahres 1943 über eine Menge von schwerem, Wasser verfügt, die mit Sicherheit ausgereicht hätte, einen überkritischen Reaktor zu bekommen.“[50] Zweifellos bedeutete diese Schlappe auf dem Gebiet der Materialversorgung ein großes Minus für die weitere Forschung. Aber die Frage nach dem Zurückbleiben der deutschen Forschung auf diesem Gebiet dürfte mehr Ursachen als nur diese haben.

Wir haben schon auf die hemmende Rolle des Krieges für die wissenschaftliche Forschung zu friedlichen Zwecken hingewiesen. Nun hatte jedoch die Atomforschung, wie die amerikanische Entwicklung zeigt, große militärische Bedeutung. Sicher spielt also bei der schleppenden Atomforschung in Deutschland auch eine Rolle, daß die führenden Politiker und Militärs mehr Hoffnung auf die Raketenentwicklung setzten. Schließlich darf auch nicht unterschätzt werden, daß in Deutschland keine Gruppe unter den Atomphysikern und schon gar nicht die Atomphysiker insgesamt mit aller Macht auf die Herstellung der Atomwaffe drängten. Zwei-

[49] L. R. Groves, Jetzt kann man darüber reden, S. 167.
[50] Bagge – Diebner – Jay, Von der Uranspaltung bis Calder Hall, S. 35 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

fellos gab es Anstrengungen in dieser [57] Richtung, und mancher Wissenschaftler mag sich in seiner Ehre gekränkt gefühlt haben, als er von den Erfolgen der Wissenschaftler in Amerika erfuhr. Auch dort war man nicht von Anfang an für den Bau der Atombombe. Besondere Bedeutung hatte jedoch die moralische Einheit der Physiker, die nach Amerika emigriert und Gegner der faschistischen Barbarei waren. An ihrer Spitze stand Einstein. Sie stellten immer wieder die Frage nach dem möglichen Einsatz der Atombombe durch die Faschisten. Gerade die Überzeugung, den Faschisten zuvorkommen zu müssen, beflügelte viele Wissenschaftler, obwohl sie dann mit der weiteren Entwicklung der Atombombenpolitik in den USA nicht einverstanden sein konnten.

Die moralische Seite des Atombombenbaus wird auch beleuchtet in einem Gespräch, das am 6. August 1945 nach dem Abwurf der Atombombe unter den internierten deutschen Physikern geführt wurde.[51] Als die Mitteilung vom Abwurf der Atombombe gemacht wurde, war Otto Hahn völlig erschüttert. Er fühlte sich verantwortlich für den Tod vieler Menschen und kam zu der Feststellung: Wenn er vorher die Auswirkung seiner Entdeckung hätte einschätzen können, dann hätte er Selbstmord begangen. Er bezeichnete sich als einen der Hauptschuldigen. Beim Abendbrot wurde dann über die mit großer Zurückhaltung aufgenommene Nachricht diskutiert. Man glaubte noch nicht an die Existenz der Atombombe. Die Diskussion über die Folgen war jedoch heftig. Hahn bekannte Heisenberg: „Wenn den Amerikanern wirklich die Uranbombe gelungen ist, so sind wir alle einfache Mittelmäßigkeit. Armer alter Heisenberg.“ Heisenberg selbst glaubte noch nicht an die Existenz der Atombombe, sondern nur an eine etwas stärkere Bombe, während Hahn darauf beharrte, sie seien nur mittelmäßige Wissenschaftler. Danach ging man zum moralischen Aspekt des Atombombenabwurfs über. Wirtz war froh, daß den Deutschen die Bombe nicht gelungen war, und Weizsäcker betonte, daß es furchtbar sei, daß die Amerikaner die Bombe produziert hätten. „Ich denke“, sagte er, „das ist Wahnsinn von ihrer Seite.“ Heisenberg betonte die schnelle Beendigung des Krieges als eine mögliche Auswirkung der Bombe, was Hahn etwas tröstete. Noch betrachteten jedoch Hahn und Heisenberg die Nachricht als Bluff. Kurze Zeit später erfuhren sie jedoch durch das Radio in einer offiziellen Mitteilung die Bestätigung vom Abwurf einer Atombombe auf Hiroshima. Beeindruckt waren sie von dem Ausmaß an Mitteln, Menschen und Material, die aufgewendet worden waren, um dieses gigantische Projekt zu bewältigen. Heisenberg sah letzten Endes die Schuld für den Mißerfolg bei seiner Gruppe, aber er betonte: „Wir hatten nicht das moralische Recht, unserer Regierung im Frühjahr 1942 zu empfeh-[58]len, 120 Tausend Mark nur für Bauten auszugeben.“ Plötzlich erwiderte Weizsäcker: „Ich denke, die Hauptursache unserer Mißerfolge bestand darin, daß der größte Teil der Physiker aus prinzipiellen Erwägungen es nicht wollten. Wenn wir den Sieg Deutschlands gewünscht hätten, dann wäre uns sicher der Erfolg gelungen.“ Hahn glaubte zwar nicht daran, war aber froh, daß es nicht gelungen war, die Bombe herzustellen. Auch das weitere Gespräch ergab, wie Groves auf Grund der Aufzeichnungen schreibt, daß alle froh waren, daß sie sich mit dem Wesen der Atomenergetik und nicht mit der Bombe befaßt hatten. Nur Gerlach verwies darauf, daß die Nazipartei überzeugt gewesen sei, daß sie an der Bombe gearbeitet hätten.

Wir sind dem Leben Heisenbergs etwas vorausgeeilt, um diesen moralischen Aspekt der Atomforschung zu behandeln. Zweifellos gibt es verschiedene Ursachen für den Mißerfolg der deutschen Forschung auf diesem Gebiet. Vor allem wirkte sich die geringe Bereitstellung von Mitteln aus. Aber die Verwirrung der Physiker kurz nach dem Bekanntwerden der Nachricht vom Abwurf der Atombombe zeigt neben der berechtigten Enttäuschung über den eigenen Mißerfolg vor allem ihre nicht völlig durch die Naziideologie ausgerottete humanistische Gesinnung. Zwar hatten sie für die Nazis gearbeitet, aber sicher mit dem Wunsch, reine wissenschaftliche Arbeit fern von Politik zu betreiben. Manchem von ihnen dürften erst am 6.

[51] Vgl. L. R. Groves, Jetzt kann man darüber reden, S. 275 ff.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

August 1945 die Augen für die Verantwortung des Wissenschaftlers aufgegangen sein, als sie sahen, welche furchtbaren Folgen wissenschaftliche Entdeckungen haben können.

Die Lehren aus diesen Ereignissen können nur in folgendem bestehen: Nicht die Unterlassung gefährlicher Entdeckungen oder der Selbstmord, wie Hahn meinte, ist der Ausweg, sondern die gesellschaftlichen Verhältnisse sind so zu verändern, daß die Forschung friedlichen Zwecken dienen kann. Kann man Hahn als Schuldigen ansehen oder Einstein, weil er den Bau der Bombe vorschlug? In erster Linie bestimmen die jeweiligen gesellschaftlichen Verhältnisse die Anwendung wissenschaftlicher Ergebnisse zum Wohle oder zum Schaden der Menschheit. Deshalb kann sich der Physiker auch heute nicht vor seiner Verantwortung gegenüber der Menschheit verschließen. Er muß mit offenen Augen die Ausnutzung seiner Ergebnisse verfolgen, und seine moralische Pflicht gegenüber der Menschheit besteht im Kampf um den Frieden und um die friedliche Nutzung wissenschaftlicher Erkenntnisse.

Konnten wir aus den Ergebnissen der Quantenmechanik die enge Verbindung von Physik und Philosophie im Leben Heisenbergs studieren, so läßt uns die Suche nach dem überkritischen Reaktor die Rolle gesellschaftlicher Verhältnisse für die wissenschaftliche Forschung, die Beziehung von Politik und Wissenschaft und vor allem die moralische Pflicht des einzelnen Wissenschaftlers, für das Wohl der Menschheit und für den Frieden einzutreten, [59] deutlich werden. Heisenberg mag in jener Zeit zu diesen Problemen viele Erfahrungen gesammelt haben. Gerade die Zeit der Internierung bot für Heisenberg Gelegenheit zum Nachdenken über seine bisherige Arbeit.

Im Frühjahr 1945 marschierten amerikanische Truppen in Hechingen ein. Am 24. Februar 1945 hatte die Mission Alsos von Aachen aus begonnen. Goudsmith, der Leiter der Gruppe, schrieb über die Arbeiten in Deutschland: „Insgesamt entstand der Eindruck bei uns, daß die deutschen Gelehrten keinen aktiven Anteil an den Kriegsarbeiten ihres Landes nahmen. Die Hauptsache war für sie, Geld von ihrer Regierung für ihre eigenen Arbeiten zu bekommen, indem sie sie davon überzeugten, daß diese Arbeiten Bedeutung für den Krieg haben könnten. Das einzig richtige Moment in ihrer Argumentation, die sie breit ausnutzten, war die Behauptung, daß die reine wissenschaftliche Forschung weit hinter der in den USA durchgeführten zurückblieb.“[52]

Ein großer Teil der Werke, die für die amerikanische Regierung von Interesse waren, lag in der von den Franzosen zu besetzenden Zone. Nur bei Oranienburg existierte eine Fabrik, die Uran und Thorium für Atomforschungen produzierte. Sie lag in dem Teil, der von den Sowjettruppen besetzt werden sollte. Da die Mission Alsos keine Möglichkeit hatte, an die Materialien heranzukommen, wurde der Befehl gegeben, sie durch Bombenangriffe zu zerstören.[53] Auch dieses Geständnis General Groves’ weist darauf hin, daß man die Sowjetunion schon als den zukünftigen potentiellen Gegner ansah, dem man keine Vorteile im Atomwettlauf lassen durfte. Am 15. März wurde das Werk zerstört. Um diesen Angriff gegenüber der Sowjetunion und den Faschisten zu tarnen und seinen wahren Grund zu verheimlichen, wurde gleichzeitig auch der Stab der Wehrmacht bei Zossen stark angegriffen.

Im März besetzten die Mitarbeiter der Mission Alsos die sie interessierenden Laboratorien in Heidelberg. Dort erfuhren sie, daß Werner Heisenberg und Max von Laue sich in Hechingen befinden. Es stellte sich heraus, daß die deutschen Arbeiten zur Atomenergie gerade in einem Bereich durchgeführt wurden, der vom Operationsgebiet der amerikanischen Truppen weiter entfernt lag und sich im Zentrum der späteren französischen Zone befand. Die politischen und militärischen Kreise, die sich in Amerika mit den Atomfragen beschäftigten, waren bereit, in dieser Frage auch ihre anderen westlichen Verbündeten zu hintergehen. Es wurde der Plan

[52] Ebenda, S. 198.
[53] Ebenda.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

entworfen, trotz aller Schwierigkeiten vor den französischen Truppen in Hechingen zu sein und die Stadt so lange zu halten, bis die entsprechenden Physiker gefaßt [60] und verhört, die schriftlichen Materialien gesammelt und die Einrichtungen zerstört waren.

Inzwischen gingen die französischen Truppen bereits in Richtung Hechingen vor; deshalb handelten die amerikanischen Truppen schnell nach dem erwähnten Plan. Am 23. April wurde Haigerloch eingenommen und unverzüglich die Demontage der dort vorhandenen Laboratorien und vor allem auch des Reaktors durchgeführt, der aus Berlin dorthin verlagert worden war. Es gelang, vor dem Eintreffen der französischen Truppen diese Arbeiten zu beenden. Nur die Vorräte an schwerem Wasser waren noch nicht gefunden. Jedoch kümmerten sich die französischen Truppen nicht um die Mitarbeiter der Mission Alsos, die nach vielen Verhören am 26. April den Vorrat schweren Wassers fanden und sicherstellten. Am 24. April wurde Hechingen eingenommen und Wirtz und Weizsäcker entdeckt. Später fand man O. Hahn und M. v. Laue sowie eine Reihe von Aufzeichnungen in Teilfingen. In Urfeld wurde Heisenberg am 3. Mai gefunden. Er saß auf den gepackten Koffern und erwartete seine Internierung. Er wurde sofort nach Heidelberg gebracht. Nach Groves war Heisenberg in diesen Tagen für die Amerikaner mehr wert als einige Divisionen. Heisenberg gab sich nach ihm als Antinazist, obwohl er auch ein großer deutscher Patriot war.[54]

Groves nennt als Ursachen für die deutschen Mißerfolge das Fehlen einer einheitlichen Führung, eines einheitlichen Ziels und der Koordination der Arbeit. Zwischen den Gruppen gab es ständigen Streit um die Materialzuteilungen. Es herrschte eine Situation, in der jede Gruppe isoliert arbeitete, nicht gern ihre Auffassungen austauschte, und viele Gelehrte hatten nicht den Wunsch, nach einem einheitlichen Programm im Interesse ihres Staates zu arbeiten.[55] So kam die Arbeit auf dem Gebiet der Atomenergie in Deutschland nicht aus den Laboratorien heraus.

Wir wissen, daß damit, vielleicht auf Grund der objektiven Umstände, vielleicht auch auf Grund der von humanistischer Gesinnung diktierten passiven Zurückhaltung gegenüber dem Bau der Atombombe, eine moralische Rechtfertigung der deutschen Physiker, die in Nazideutschland an den Atomproblemen gearbeitet haben, möglich ist. Heisenberg und viele seiner Kollegen haben dem deutschen Faschismus nicht die Atombombe in die Hand gegeben. Wir wissen, daß sie es nicht bedauert haben. Heisenberg selbst setzte die Amerikaner davon in Kenntnis, daß die Materialien, die von der Mission Alsos erbeutet wurden, kein richtiges Bild über die Lage auf dem Gebiet der Atomforschung in Deutschland geben. Die deutschen Gelehrten wußten be-[61]deutend mehr, als sie in offiziellen Berichten angaben. Das scheint die These von Goudsmith zu bestätigen, daß es den deutschen Forschern bei ihrer Argumentation mit der Kriegswichtigkeit ihrer Ergebnisse nur um größere Mittelbereitstellung für ihre Forschungen ging.

Nun beginnt für Heisenberg die Zeit der Internierung in Belgien, Frankreich und England. Am 3. Juli 1945 wurde die Gruppe der deutschen Physiker nach England geflogen, dort wurden sie in dem alten Gebäude Form-Hall untergebracht. Es waren Mikrophone installiert, und die Gespräche der deutschen Gelehrten wurden auf Band aufgezeichnet. Auf die Frage von Diebner an Heisenberg, ob wohl Mikrophone angebracht seien, lächelte dieser und meinte: „Nein. Ich glaube nicht, daß sie hier eine Ahnung von echten Gestapomethoden haben. In dieser Hinsicht sind sie noch etwas altmodisch.“[56]

Jedoch Heisenberg hatte sich geirrt. Es wurde jedes ihrer Worte ausgewertet, ihre Stimmung ständig überprüft und vor allem darauf geachtet, ob eventuelle Geheimnisse verraten wurden, die der Mission Alsos nicht bekannt geworden waren.

---

[54] Ebenda, S. 209.
[55] Ebenda, S. 210.
[56] Ebenda, S. 212.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Über diese Zeit der Internierung existiert auch das von Dr. Bagge geführte Tagebuch, das die Stimmung der gefangenen Physiker ausdrückt, vor allem ihre Verwirrung nach dem Bekanntwerden des Abwurfs der Atombombe. [57]

Am 13. Mai verfaßte Heisenberg im Auftrag der anderen einen Brief an Goudsmith, in dem sie nach dem Verbleib ihrer Familien fragten. Es wurde ihnen mitgeteilt, daß nichts Besonderes unternommen worden wäre und die Familien an ihrem bisherigen Aufenthaltsort verblieben seien.

Die Physiker versuchten, sich wieder mit ihrer Arbeit zu beschäftigen. Heisenberg hatte am 18. April über die Theorie des Diamagnetismus vorgetragen. Man diskutierte über das schnell sich entwickelnde Kulturleben in der sowjetisch besetzten Zone, lachte über eine Nachricht aus „Stars and Stripes“ über die fehlgeschlagenen Versuche der deutschen Forscher, eine Atombombe zu bauen, trieb Sport, soweit es möglich war, und spielte Bridge. Man protestierte ohne Erfolg gegen die Entführung der Wissenschaftler nach England, freute sich über jede Nachricht, die man von der Weltpolitik erhielt, und führte regelmäßige wissenschaftliche Kolloquien durch. So verging die Zeit bis zum erwähnten 6. August, dem Tag des Abwurfs der Atombombe. Bagge schreibt dazu in seinem Tagebuch: „Ist es nicht ein Treppenwitz der Weltgeschichte, daß wir am 6. August morgens die ersten Briefe an unsere Angehörigen abgeben dürfen, unter denen sich Prof. Hahn, der Entdecker [62] der Uranspaltung befindet, am 6.8., genau an dem Tage, an welchem die erste Uranbombe eine japanische Großstadt zertrümmert und an dem die Welt durch eine Sondermeldung von einer epochemachenden Erfindung erfährt, wie sie nur selten in der Geschichte der Menschheit vorkommt? Sicher wird diese Uranbombe Entwicklungen von welthistorischer Tragweite auslösen, wohl kann sie viel Unglück über die Menschheit bringen, hoffen wir aber, daß sie auf der anderen Seite dazu beitragen wird, das Leben der Menschen angenehmer, schöner und vielleicht auch glücklicher zu gestalten als bisher. Kein Zweifel, daß dies möglich ist. Es ist dazu nur nötig, daß sich die Menschen auch in moralischer Hinsicht dieser Entwicklung gewachsen zeigen. Und daran glauben wir. Wie sagte in dieser Nacht Prof. von Laue, als er nach langen Diskussionen sich um 1 Uhr schlafen legte? ‚Als ich jung war, wollte ich Physik treiben und Weltgeschichte erleben. Die Physik habe ich getrieben, und daß ich Weltgeschichte miterlebt habe, wahrhaftig, das kann ich jetzt in meinen alten Tagen wohl sagen.‘ Er sollte aber nicht zum Einschlafen kommen. Um 2 Uhr pochte es an unsere Tür und herein trat Herr von Laue: ‚Wir müssen etwas unternehmen, ich habe große Sorgen um Otto Hahn. Diese Nachrichten haben ihn entsetzlich erschüttert, und ich befürchte das Schlimmste.‘ Wir waren noch lange wach, und erst als wir vom Nebenzimmer aus feststellten, daß Herr Hahn schließlich doch eingeschlafen war, gingen alle zu Bett.“[58] Es wurde nach vielen Diskussionen von den deutschen internierten Physikern der Beschluß gefaßt, ein Schreiben zu verfassen mit dem Inhalt, daß man in Deutschland nicht an der Atombombe, sondern an der stabilisierten Maschine gearbeitet hätte. Der Brief wurde von Heisenberg und Gerlach geschrieben und erhielt dann die Unterschriften der anderen. In diesem Schreiben wurde gegen solche Meldungen Stellung genommen, die von dem Versuch der deutschen Physiker sprachen, die Atombombe zu bauen. Außerdem wurden die Arbeiten charakterisiert, die in Deutschland durchgeführt wurden. Es waren fünf Punkte: Erstens verwies man auf die Entdeckung von Hahn und Straßmann, die aus reinen Forschungen entstanden war. Erst nachher wurde über Atomanlagen zur Energiegewinnung und die gelenkte Kernreaktion gesprochen. Zweitens wurde Anfang des Krieges die praktische Bedeutung dieser Entdeckung erforscht. Wenn man die technischen Möglichkeiten in Deutschland betrachtet, so war es unmöglich, die Atombombe zu schaffen. Die Hauptarbeit galt einer Atommaschine, wozu schweres Wasser erforderlich war. Drittens wurde das Werk in Rjukan

[57] Bagge – Diebner – Jay, Von der Uranspaltung bis Calder Hall, S. 43 ff.
[58] Ebenda, S. 58.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

neu ausgerüstet, jedoch im November 1943 zerstört. Viertens wurden in Freiberg Arbeiten zu Methoden, die kein schweres Wasser erforderlich machten, durchgeführt [63] und die Erhöhung der Konzentration des Urans mit dem Isotop 235 erforscht. Fünftens wurde in Berlin und später in Haigerloch experimentiert, um Energie zu erhalten. Zur Zeit der Beendigung des Krieges hätte kurzfristig eine Einrichtung geschaffen werden können, die Energie liefert. Soweit der Inhalt des Briefes, der die Bedeutung der Forschungsvorhaben für den überkritischen Reaktor in Deutschland betont.[59] Vor allem setzten die deutschen Physiker die Diskussion darüber fort, wie es den Amerikanern gelingen konnte, die Atombombe zu schaffen. Am 14. August 1945 berichtete Heisenberg im Kolloquium über die Uranbombe. Ende September erhielten die Physiker den Auftrag, ihre Wünsche aufzuschreiben. Diese reduzierten sich auf die Rückkehr nach Deutschland und auf die Möglichkeit, dort weiter forschen und lehren zu können. Nach Groves befand sich die amerikanische Seite in einer Zwickmühle. Einerseits wollten sie das Geheimnis ihrer Arbeiten nicht lüften, weshalb man die deutschen Physiker nicht in England lassen oder sie nach Amerika transportieren konnte. Andererseits sollten sie aber nicht in das Gebiet zurückkehren, das von den Sowjettruppen besetzt worden war. Man entschied sich deshalb dafür, die deutschen Physiker nach Westdeutschland zurückzuschicken und ihnen dort Laboratorien und Möglichkeiten zu geben, daß sie nicht den Wunsch äußerten, in die sowjetisch besetzte Zone zu kommen. Doch dauerte es noch einige Zeit, bis dieser Beschluß verwirklicht wurde.[60]

Am 18. November 1945 erfuhren die internierten Physiker, daß Hahn den Nobelpreis für 1944 bekommen sollte. Aber auch das veränderte ihre Lage nicht. Erst im Februar 1946 fuhren Hahn und Heisenberg nach Göttingen, wo laut Befehl der Militärregierung die Kaiser-Willhelm-Gesellschaft untergebracht wurde.

Nun begann für Heisenberg eine neue Etappe in seiner Forschungsarbeit. Er wandte sich wieder den Elementarteilchen und der kosmischen Ultrastrahlung zu.

4. Heisenbergs „Weltformel“

Ende 1957 und Anfang 1958 wurde unter den Physikern viel über die Arbeiten der Gruppe Heisenberg zur nichtlinearen Spinortheorie der Materie diskutiert. Die Mitteilung über die sogenannte Weltformel ging in dieser Zeit durch die Presse und erregte auch die Nichtphysiker. Obwohl damit durch die Tagespresse wieder einmal die wissenschaftliche Arbeit als Sen-[64]sation dargestellt und den Lesern eine einseitige Information gegeben wurde, da noch andere Lösungsmöglichkeiten für die Probleme der Elementarteilchen existierten, war doch der rationelle Kern an der Sensationsmeldung, daß es der Gruppe Heisenberg gelungen war, in der Theorie den Isospin mit einzuschließen. Es war der Versuch, ausgehend von einer nichtlinearen Feldgleichung, die Gesamtheit der Elementarteilchen zu beschreiben.

Heisenbergs Arbeiten begannen schon Anfang der fünfziger Jahre, und die Richtung dieser Arbeit wurde von ihm, Iwanenko u. a. schon vorher in Vorträgen und Publikationen erörtert. Jedoch rief sie zunächst kein besonderes Interesse hervor. 1955 gab Heisenberg auf dem physikalischen Kongreß in Pisa einen Überblick über die bisher von seiner Gruppe durchgeführten Arbeiten. Aber das Referat wurde fast unbeachtet gelassen. Auf dem zwei Jahre später stattfindenden Kongreß in Venedig, der sich mit den Problemen der Elementarteilchen befaßte, erklärte Pauli, daß in mathematischer Beziehung die Theorie korrekt sei. Jedoch war der Großteil der Physiker skeptisch gegenüber der Notwendigkeit einer nichtlinearen Verallgemeinerung der Spinorgleichungen. Man glaubte nicht so recht an die Möglichkeit, auf diesem Wege eine einheitliche Theorie der Elementarteilchen zu erhalten. Schließlich aber wich das Desinteresse, um dann bald in eine harte Auseinandersetzung umzuschlagen, die auch heute

[59] L. R. Groves, Jetzt kann man darüber reden, S. 278.
[60] Ebenda, S. 279.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

noch zwischen den Verteidigern und Gegnern der Feldtheorie geführt wird. Das Interesse wuchs, als im Winter 1957/58 Heisenberg und Pauli, die nun zusammen arbeiteten, die Isotopen-Spin-Gruppe in die Theorie einbauen konnten. Damit war ein weiterer Schritt auf dem Wege zur einheitlichen Theorie getan. Heisenberg erklärte auf der Tagung zu Ehren Plancks in Berlin 1958 und auf einer theoretischen Konferenz in Leipzig kurz danach, daß sich die Theorie noch im Stadium der Ausarbeitung befinde und einige Jahre Forschung für ihre Vervollständigung erforderlich seien. Auf der Leipziger Tagung erfuhr Heisenberg auch von den Arbeiten sowjetischer Kollegen, die in ähnlicher Richtung gingen und die ihm vorher nicht bekannt waren. 1959 nahm er am Kongreß in Kiew teil, der sich mit den Kernteilchen hoher Energie befaßte.

Der Gedanke an eine einheitliche Theorie der Materie, besser, an eine einheitliche Theorie der Elementarteilchen, entstand bei Heisenberg schon früher. Er selbst war an der Aufstellung der Hypothese von der Existenz zweier Kernteilchen, des Neutrons und Protons, beteiligt. So schien es Anfang der dreißiger Jahre, als ob die Vielfalt der chemischen Elemente nur einige wenige Grundbausteine, auf Elektronen, Neutronen und Protonen, reduziert werden könnte. Damit wäre der Gedanke von der materiellen Einheit der Welt auf einfachste Weise verwirklicht worden. Von den dialektischen Materialisten war diese These stets als Einheit einer materiellen Welt aufgefaßt [65] worden, die in ihren Erscheinungsformen, Beziehungen usw. unerschöpflich ist. Diese These hatte schon Lenin mit der Behauptung von der Unerschöpflichkeit des Elektrons ausgesprochen. Die weitere Entwicklung der Physik erwies auch die Mannigfaltigkeit der materiellen Formen im Elementarteilchenbereich. Das von Dirac 1928 vorausgesagte positive Elektron wurde in der kosmischen Strahlung von Anderson (USA) 1932 entdeckt. Es entstand die Hypothese, daß auch alle anderen Teilchen, ebenso wie das Elektron, ein Antiteilchen besitzen. Mitte der fünfziger Jahre wurden das Antiproton und das Antineutron gefunden. Schon vorher gelang es, eine ganze Gruppe neuer Teilchen, die Mesonen zu entdecken. Zuerst waren es die μ-Mesonen, die man auf Grund von Überlegungen zu den Kernkräften fand, zu deren Erklärung sie sich jedoch als ungeeignet erwiesen. Dann, nach langem und hartnäckigem Suchen, fand man 1947 die π-Mesonen. Man entdeckte die K-Mesonen und Hyperonen. 1952 wurde von Fermi und seinen Mitarbeitern an der Chikagoer Universität beim Beschuß von Protonen mit Pionen (π-Mesonen) die Existenz von Zwischenzuständen festgestellt, den sogenannten Resonanzen. Von diesen Resonanzen, die man ebenfalls als Teilchen betrachtet, wurden in der Folgezeit über 70 gefunden. Man kennt damit heute schon weit mehr als 100 Elementarteilchen. Diese Situation ist vergleichbar mit dem Zustand in der Chemie vor der Aufdeckung des Periodischen Systems der Elemente.

Als Heisenberg 1946 das Institut für Physik der Max-Planck-Gesellschaft (ehemals Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft) übernahm und sich wieder intensiv mit den Elementarteilchenproblemen befaßte, zeichnete sich diese Entwicklung zur Vielfalt der Teilchen bereits ab. Aber man hatte gleichzeitig als wesentliche Eigenschaft der Elementarteilchen ihre gegenseitige Unwandelbarkeit ineinander erkannt. Das ließ Heisenberg zu einer neuen Auffassung von der Einheit der Materie kommen. Es gibt für ihn eine Urmaterie, einen Urstoff, ein Feld – die Bezeichnungen dafür sind unwesentlich –, aus denen die Teilchen bestehen. Diese „Urmaterie“ gilt es in der physikalischen Theorie zu beschreiben, in Gleichungen, besser, in einer Gleichung auszudrükken, um die Teilchen als Ergebnisse der Folgerungen aus dieser Gleichung zu erhalten.

Solche Gedanken reiften in Heisenberg in den Jahren nach der Übernahme des Göttinger Instituts. In einem Vortrag, den er am 9. Juli 1948 mit dem Thema „Die gegenwärtigen Grundprobleme der Atomphysik“ hielt, wurde die zukünftige Forschungsrichtung Heisenbergs auf dem Gebiet der Elementarteilchenphysik schon grob umrissen. Er begann seinen Vortrag mit der Feststellung, daß Atomphysik für die Öffentlichkeit in erster Linie Atomtechnik und damit Atombomben oder Atommaschinen bedeute, während die [66] eigentliche Wissenschaft viel weniger bekannt sei. Es werde zwar über die Entdeckung eines neuen Teilchens oder über

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Versuche mit Beschleunigern berichtet, aber über das Ziel dieser Arbeiten, über ihren Zusammenhang werde kaum gesprochen. Er fährt dann fort: „Für den Physiker aber ist mit Atomphysik gerade dieser Zusammenhang gemeint. Ihm ist bei seiner Arbeit der Jahrtausende alte Wunsch der Menschen nach einem einheitlichen Verständnis der Welt gegenwärtig, und er beurteilt wohl zumindest unbewußt jede neue Entdeckung danach, ob sie näher an dieses Ziel seiner Wünsche heranführt. Ich möchte daher auch heute vor Ihnen über jene Grundgedanken sprechen, die die verschiedenen Experimente und Theorien in der Atomphysik zusammenschließen. Ich möchte Ihnen auseinandersetzen, auf was wir eigentlich mit unserer Arbeit hoffen und was am Schlusse geschehen sein wird, wenn unsere Hoffnungen und Wünsche auf diesem Gebiet einmal in Erfüllung gegangen sind.“[61]

Heisenberg legte dann seine Ideen zur weiteren Entwicklung der Atomphysik dar. Sie tragen an vielen Stellen den Charakter rein philosophischer Überlegungen, die um das einheitliche Verständnis der Welt kreisen. Immer wieder kommt er auf diesen Grundgedanken zurück, den er anfangs der fünfziger Jahre in mathematischer Gestalt mit Hilfe eben seiner Grundgleichung oder, wie es die Journalisten nannten, seiner „Weltformel“ erfassen wollte. Noch waren die mathematischen Ansätze nicht gelungen, aber die Grundideen für die weitere Forschungsrichtung wurden schon ausgesprochen. Heisenberg legte in seinem Vortrag die Entwicklung physikalischer Ideen dar, die immer wieder zum einheitlichen Verständnis der Materie hindrängten, ohne es zu erreichen. Die Situation der Atomphysik charakterisierend, meinte er: „Aber damit, daß wir jetzt drei Grundstoffe, das heißt drei Sorten von Elementarteilchen – Elektronen, Protonen und Neutronen, als die Bestandteile aller Materie ansehen, haben wir das Programm der Atomphysik noch nicht ganz zu Ende geführt, und damit komme ich zu dem eigentlichen Anliegen unserer heutigen Atomphysik. Wenn es nur diese drei Elementarteilchen gäbe, so könnte man sich vielleicht damit zufrieden geben, daß eben drei grundsätzlich verschiedene Sorten von Materie existieren, die nicht mehr ineinander umgewandelt oder aufeinander zurückgeführt werden können. Aber in Wirklichkeit gibt es doch noch andere Erscheinungsformen von Materie.“[62] Er schilderte die Formen der Materie, die Mesonen, das Photon usw. und fuhr dann fort: „Angesichts dieser Entwicklung der Atomphysik in den letzten Jahren will es zunächst so scheinen, als entferne sich die Atom-[67]lehre wieder von ihrem eigentlichen Ziel, als müßte die Annahme von den drei Grundstoffen wieder durch kompliziertere Annahmen ersetzt werden. Mit dieser Fragestellung sind wir nun mitten in der Problematik der gegenwärtigen Atomphysik. Die bisherigen Vorstellungen scheinen in der Tat noch zu einfach. Vieles deutet darauf hin, daß es auch noch andere Elementarteilchen geben wird, die bisher noch nicht beobachtet worden sind, weil sie nur äußerst kurze Zeit existieren können. Aber es ist noch eine andere wichtige Tatsache experimentell festgestellt worden: Die Elementarteilchen können sich ineinander umwandeln. Das Merkmal der Unzerstörbarkeit trifft für die Elementarteilchen sicher im alten Sinne nicht zu.“[63]

Das wirft Probleme für die einheitliche Erklärung der Vielfalt der Elementarteilchen auf. Offensichtlich kann man diese nicht auf einige wenige reduzieren, aus deren Beziehungen dann die Vielfalt der materiellen Welt entsteht. Wir werden bei der Behandlung der philosophischen Probleme der Elementarteilchentheorie sehen, daß in der modernen Physik diese Konzeption wieder eine Rolle spielt. Es wird versucht, die Elementarteilchen auf wenige Fundamentalteilchen zurückzuführen. Nach dieser Auffassung ist es möglich, die Vielfalt der Elementarteilchen etwa auf drei Teilchen und Antiteilchen zu reduzieren und aus den Beziehungen dieser Fundamentalteilchen die Teilchen zu erhalten. Dazu fand Gell-Mann die noch nicht entdeckten Teilchen mit gebrochenen Quantenzahlen, die er quarks nennt.

[61] W. Heisenberg, Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft, S. 89.
[62] Ebenda, S. 95.
[63] Ebenda, S. 96.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Wir ersehen hieraus, daß das einheitliche Verständnis der Welt auf verschiedene Weise erreicht werden kann, wollen aber vor allem erst einmal den Heisenbergschen Gedanken zu diesen Problemen folgen.

Heisenberg spricht folgende Grundidee aus: „Mit dieser Erkenntnis, die sich erst in den letzten Jahren durchgesetzt hat, stehen wir aber dicht vor dem eigentlichen Ziel der Atomlehre. So wie die alten Griechen es sich erhofft hatten, so haben wir erkannt, daß es wirklich nur einen einzigen Grundstoff gibt, aus dem alles Wirkliche besteht. Wenn wir diesem Grundstoff einen Namen geben müssen, so können wir ihn heute nur ‚Energie' nennen. Dieser Grundstoff Energie aber ist in verschiedenen Formen existenzfähig. Er tritt stets in diskreten Quanten auf, die wir als die kleinsten unteilbaren Bausteine alles Stofflichen ansehen und aus rein historischen Gründen nicht Atome, sondern Elementarteilchen nennen. Unter diesen Grundformen der Energie gibt es drei besonders stabile Arten: Elektronen, Protonen und Neutronen, aus denen die Materie im eigentlichen Sinne besteht, dazu stets die Bewegungsenergie. Dann gibt es jene Teilchen, die sich immer mit Lichtgeschwindigkeit bewegen und die Strahlung verkörpern, und schließlich an-[68]dere, kurzlebige Formen, von denen bisher erst einige wenige sicher festgestellt sind."[64]

Es existiert für ihn also ein Grundstoff, aus dem die Teilchen bestehen. Die Teilchen sind nur die Formen des Grundstoffs, den er Energie nennt. Ausgehend vom notwendigen einheitlichen Verständnis der Welt, ist dieser Gedanke einleuchtend. Er faßt die Vielheit der Teilchen, ihre qualitative Verschiedenheit in der Einheit des Grundstoffs, aus dem sie aufgebaut sein sollen. Das Problem besteht nun darin, diese philosophische Auffassung von der Struktur der Materie auch in einer physikalischen Theorie mit Hilfe mathematischer Gleichungen zu fixieren. In diesem Sinne formuliert Heisenberg die Aufgabe der Atomphysik: „Die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen dieser Welt kommt also, so wie es die griechischen Naturphilosophen vorausgeahnt hatten, durch die Fülle der Formen zustande, in denen die Energie erscheinen kann, und diese Fülle der Formen muß wieder, wenn sie ganz verstanden werden soll, abgebildet werden können durch eine Gesamtheit mathematischer Gestalten, letzten Endes also wohl einfach durch die Gesamtheit der Lösungen eines Gleichungssystems. Hier steckt nun das entscheidende Problem der heutigen Atomtheorie. Die mathematischen Gestalten, die das Verhalten der Elementarteilchen beschreiben, sind nämlich noch nicht vollständig bekannt. Die Kenntnis dieser mathematischen Gestalten muß aber gefordert werden, weil erst sie es ermöglicht, den Ausgang eines Experiments vorherzusagen, das Geschehen also in dem gleichen Sinne wie in der bisherigen Physik zu beherrschen. Man erkennt hier auch, daß mit der Feststellung des einen Grundstoffs nur wenig gewonnen ist und daß vielmehr der ganze Reichtum erst in den Formen steckt. Was an Verständnis der Materie bisher errungen worden ist, das ist schließlich in mathematischen Gleichungen niedergeschrieben worden, denn keine andere Sprache kann einen derartigen Reichtum an Formen aufweisen. Die eigentliche Aufgabe der Atomphysik in den nächsten Jahren oder Jahrzehnten besteht also auch weiter darin, die Naturgesetze experimentell ausfindig zu machen und mathematisch zu formulieren, die alle Eigenschaften der Elementarteilchen und ihre Verbindungen bestimmen."[65]

Schon in diesem Vortrag sah Heisenberg die mathematischen Schwierigkeiten, die der Lösung der Aufgabe entgegenstehen und die auch später tatsächlich die Entwicklung seiner Theorie nicht zum Abschluß kommen ließen und viele Kritiker auf den Plan riefen. Da die Teilchen erst aus den Eigenschaften der Grundsubstanz verstanden werden sollen, können nicht die Eigen-[69]schaften der Teilchen selbst vorgegeben werden. Nicht ihre Orte, Impulse, ihr Spin, ihr Energiezustand oder ihre Masse ist die Grundlage der Theorie, ihr Ausgangspunkt, sie sollen ja selbst Ergebnis der Theorie sein, sich erst als Folgerung aus der Gleichung ergeben.

[64] Ebenda, S. 97.
[65] Ebenda, S. 97 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Deshalb stellt Heisenberg fest: „Im Grunde haben wir hier auf dem Gebiete der Mathematik noch nicht die Werkzeuge entwickelt, mit denen wir das komplizierte Geschehen im unendlich Kleinen richtig fassen können. Man könnte freilich sagen: auch wenn die Teilchen keine fest gegebenen Größen sind, wenn wir sie erst bestimmen sollen, so werden sie doch einen Ort und eine Masse haben, also kann man diese Variablen auf jeden Fall in die Gleichungen einführen. Aber ist es denn wahr, daß die Teilchen einen Ort haben? Sie haben ihn zwar sicher mit einem erheblichen Grad von Genauigkeit, aber wird es hier nicht ähnliche und vielleicht noch einschneidendere Genauigkeitsbeschränkungen geben, wie sie früher in der Quantenmechanik aufgetreten sind? Man erkennt, mit welch großen Schwierigkeiten die Atomtheorie hier zu kämpfen hat. Trotzdem ist es durchaus denkbar, daß man in nicht allzu ferner Zeit eine einzige Gleichung anschreiben kann, aus der die Eigenschaft aller Elementarteilchen und damit das Verhalten der Materie überhaupt folgt.“[66]

Insgesamt ist Heisenberg optimistisch in bezug auf die Lösung des von ihm gestellten Problems. Inwieweit er damit recht hat, wird die Zukunft erweisen. Andere Lösungsmöglichkeiten sind auch schon erfolgversprechend ausprobiert worden. Zweifellos gibt es schon viel Kritik an der Heisenbergschen Theorie; aber noch gibt es keinen schlüssigen Beweis für die Unhaltbarkeit des Heisenbergschen Standpunkts. Die Ergebnisse seiner Bemühungen sieht Heisenberg in der einheitlichen Erklärung der Welt: „Wenn dies wirklich gelingt, so wäre die Atomlehre damit am Ziel ihrer Wünsche angekommen, und es lohnt sich, einmal nachzusehen, was man dann eigentlich besitzt. Zunächst hat man dann im Sinne der griechischen Atomlehre die Einheit alles Stofflichen verstanden. Man weiß, daß alle Materie aus dem gleichen Stoff Energie besteht, der in verschiedenen Formen in Erscheinung tritt. Die Gesamtheit dieser Formen beherrscht man durch die Gesamtheit der Lösungen eines Gleichungssystems. Das bedeutet, daß man wenigstens im Prinzip für die Experimente im Bereich der Atomphysik den Ausgang theoretisch vorausberechnen kann. Man kann auch sicher sein, daß diese mathematische Formen nicht nur den speziellen Bereich der Atomphysik umfassen, denn schon die bisherige Atomphysik enthält wenigstens im Prinzip die Chemie, die Mechanik, die Optik, die Wärmelehre und die Elektrizitätslehre. Dies wird von der zukünftigen Atomlehre also erst recht gelten. [70] Wenn als Einschränkung hier oft der Ausdruck ‚im Prinzip‘ hinzugefügt ist, so bedeutet dies, daß in den allermeisten Fällen die vollständige mathematische Durchrechnung eines gestellten Problems technisch nicht möglich sein wird, denn allzu große Komplikationen können wir eben mathematisch nicht mehr bewältigen. Daher ist es durchaus nicht sicher, daß etwa für praktische Anwendungen durch die Lösung der Grundprobleme viel gewonnen würde. Aber der Ausdruck ‚im Prinzip‘ bedeutet doch auch, daß man fast in allen Fällen, wo es sich um die Lösung eines bestimmten Problems handelt, aus der Lösung der Grundfragen Nutzen ziehen kann.“[67]

Hier taucht ein wesentliches Problem auf, mit dem wir uns später noch auseinandersetzen müssen. Wir möchten es in Form folgender Frage formulieren: Wie erfaßt die Heisenbergsche einheitliche Theorie die qualitative Verschiedenheit und Kompliziertheit der objektiven Zusammenhänge? Zweifellos kann die endgültige Antwort auf diese Frage nur durch die Experimentalforschung gegeben werden, die rechtzeitige Erörterung der Probleme kann jedoch erkenntnisfördernd sein. Entweder gelingt der Ausbau der Argumente, die dafür sprechen, oder die Auffassung wird widerlegt. In diesem Sinne werden wir später zu Heisenbergs Auffassung von der Einheit der Welt noch Stellung nehmen.

Heisenberg selbst sprach den Gedanken aus, daß eine Vielzahl von Problemen noch ungelöst bliebe, selbst wenn sein Weg erfolgreich zu Ende gegangen worden sein sollte, was ja noch nicht der Fall ist. Er nennt das ungeklärte Problem der Anschaulichkeit und das Verhältnis von

[66] Ebenda, S. 98.
[67] Ebenda, S. 98 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Seele und Leben zur Atomphysik: „Daraus folgt, daß die mathematischen Strukturen der Atomphysik in ihrer Anwendbarkeit auf einen bestimmten Bereich von Erfahrungen beschränkt sind und daß man dann, wenn man lebendige oder seelische Vorgänge beschreiben will, diese geistigen Strukturen erweitern muß. Das kann vielleicht dadurch geschehen, daß man neben den bisherigen noch andere Begriffe einführen muß, die mit dem bisherigen Begriffssystem widerspruchsfrei verbunden werden können. Vielleicht ist es auch notwendig, den Bereich der bisherigen atomtheoretischen Begriffe durch besondere Bedingungen einzuengen. In beiden Fällen würde man die so erweiterte Theorie wohl auch als eine erweiterte Form der Atomtheorie ansehen und nicht etwa als eine Theorie, die grundsätzlich nur andersartiges Geschehen beschreibt.“[68] Hier wirft Heisenberg das Problem des Verhältnisses von Physik und Philosophie wie auch die Frage nach den Beziehungen der Physik zu [71] den anderen Wissenschaften auf. Die Entwicklung der Wissenschaft zeigt einerseits einen neuen engeren Zusammenhang zwischen verschiedenen Wissenschaften, der sich auch in der Bildung von Wissenschaften ausdrückt, die Grenzgebiete bearbeiten; andererseits ist aber bisher jeder Versuch gescheitert, die selbständigen Gegenstände einzelner Wissenschaften einfach aufzugeben und die Chemie auf Physik, die Biologie auf Physik usw. zu reduzieren. In dieser Richtung will Heisenberg auch nicht verstanden sein. Man kann nämlich aus der Verallgemeinerung der Ergebnisse einer Einzelwissenschaft, so auch aus der Kernphysik oder der Physik der Elementarteilchen, Hinweise für allgemeine Beziehungen und Gesetze erhalten, die auch in anderen Bereichen gelten. Man kann die Methodologie und Erkenntnistheorie einer Einzelwissenschaft, ihre neuen Denkweisen verallgemeinern, um damit auch die neuen Formen des Denkens nicht nur in dieser Wissenschaft zu fördern, sondern sie gegen den Konservatismus in anderen Wissenschaften zu benutzen. Hier liegen echte Aufgaben für den Philosophen vor, der mit seinen aus einer Einzelwissenschaft verallgemeinerten Hypothesen Denkanregungen für den Wissenschaftler geben kann und dabei die Philosophie selbst vor der Erstarrung bewahrt.

Diese Gedanken finden wir bei Heisenberg nicht ausgesprochen, sie drängen sich aber auf, wenn man seine Bemerkungen liest. Auch die weitergefaßte Atomtheorie, wir würden sagen die philosophischen Verallgemeinerungen aus ihr, gibt nach Heisenberg keinen Erkenntnisabschluß: „Wenn man den Begriff Atomtheorie so weit faßt, so erkennt man allerdings auch sofort, daß wir von einer Vollendung der so allgemein gedeuteten Atomlehre unendlich weit entfernt sind. Man hat dann eben praktisch das Wort ‚Atomlehre‘ als gleichbedeutend gesetzt mit der Beschreibung der Wirklichkeit schlechthin, und die Beschreibung der Wirklichkeit ist natürlich eine unendliche, nie abgeschlossene Aufgabe. An einen Abschluß der Atomlehre in einigen Jahren oder Jahrzehnten kann man nur dann denken, wenn man das Wort in dem eingeschränkten Sinne benützt, der vorher umschrieben wurde. Es handelt sich dann um die speziellen mathematischen Strukturen, mit denen wir die Eigenschaften der Elementarteilchen und ihre Umwandlungen bei hohen Energien gesetzmäßig beschreiben können. Möglicherweise umfassen jene mathematischen Strukturen sehr weite Bereiche, aber wir können die Größe dieser Bereiche nicht vorher angeben. Selbst wenn man das Wort Atomlehre in dem zweiten Sinne auffaßt, wenn man daran denkt, daß es eben ‚nur die Atome und den leeren Raum‘ gibt, so hat nach dem, was ich Ihnen zu erklären versuchte, der damit ausgesprochene Materialismus keineswegs die geistesfeindliche Färbung, die heute dem Wort Mate-[72]rialismus im allgemeinen anhaftet. Es ist sogar die Frage, ob man dies noch als Materialismus bezeichnen soll.“[69]

Der Materialismus, der in der Lage ist, ohne geistesfeindliche Färbung, ohne metaphysische Denkweise und ohne die Einschränkungen des klassischen Weltbildes die Ergebnisse der

[68] Ebenda, S. 100 f.
[69] Ebenda, S. 101.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

modernen Physik zu verallgemeinern, ist eben der dialektische Materialismus. Ihn kannte Heisenberg nicht, und auch heute kennt er ihn noch ungenügend, obwohl er sich in vielen philosophischen Ideen dialektisch-materialistischen Einsichten nähert.

1953 veröffentlichte Heisenberg eine Arbeit über die Quantisierung nichtlinearer Gleichungen, der dann weitere Arbeiten zu ähnlichen Themen über die nichtlineare Feldtheorie der Elementarteilchen folgten. 1955 wurde ein Vortrag von ihm in den Naturwissenschaften publiziert, den er am 23.9.1955 in Wiesbaden hielt. Dort sprach er über den gegenwärtigen Stand der Theorie der Elementarteilchen. Er entwickelte noch einmal seine Grundthese von der Existenz einer Grundgleichung der Materie. Im Vortrag sagte er dazu: „Als obersten Grundsatz beim Suchen nach einer Theorie der Elementarteilchen wird man also aufstellen müssen: Es wird sich bei einer solchen Theorie um eine Grundgleichung für die Materie, nicht aber für einzelne Elementarteilchen handeln, und aus dieser Grundgleichung für die Materie müssen sich alle Elementarteilchen etwa als Eigenlösungen ergeben. Daraus geht auch sofort hervor, daß die Elementarteilchen in dieser Theorie eine ähnliche Rolle spielen werden wie die stationären Zustände eines komplizierten atomaren Systems in der Quantenmechanik, nicht wie die Elektronen in der alten Theorie. Ferner entstehen hier die Elementarteilchen sozusagen gleichzeitig mit ihrer Wechselwirkung; der Begriff des freien Teilchens ohne Wechselwirkung wird also sinnlos. Alle Versuche, die Massen der Elementarteilchen aus Gleichungssystemen zu bestimmen, die noch keine Wechselwirkung enthalten, sind also von vornherein zum Scheitern verurteilt.“[70]

Wir sehen, wie der schon kurz nach 1946, nach der Wiederaufnahme der Arbeit an diesen Problemen publizierte Gedanke an eine einheitliche Theorie der Materie von Heisenberg konsequent weiterverfolgt wurde. Das in dem Vortrag von 1948 entwickelte Programm nimmt immer mehr Gestalt an. Noch achtet man von seiten der Physiker weniger auf die Arbeiten Heisenbergs. Man hält diesen Weg, über die nichtlineare Spinorfeldtheorie zu einer Theorie der Elementarteilchen zu kommen, nicht für besonders erfolgversprechend. Vor allem fehlen noch die praktischen Resultate: entweder die [73] Erklärung bestimmter Eigenschaften der Teilchen mit Hilfe der Theorie, wobei eine einigermaßen gute Übereinstimmung mit dem Experiment vorliegen muß, oder die Voraussage noch nicht entdeckter Teilchen oder Eigenschaften. Das Jahr 1957 stellte einen gewissen Höhepunkt in dieser Entwicklung dar. Es erschien der Artikel „Die Quantentheorie der Felder und Teilchen“, der einen Überblick über die bisherigen Arbeiten gibt, wobei auch neue Probleme der Elementarteilchen betrachtet werden.

Inzwischen war man auf die Arbeiten Heisenbergs aufmerksam geworden. In den 1957 erschienenen Artikel Heisenbergs „Das Modell von Lee und die Quantisierung nichtlinearer Feldgleichungen“ gingen viele Hinweise Paulis mit ein. Man erwartete deshalb mit Spannung das Referat Heisenbergs auf der Internationalen Konferenz zur Physik hoher Energien und Elementarteilchen in Genf, die im Juni 1958 stattfand. Dort berichtete er über „die Erforschung der nichtlinearen Spinortheorie mit indefiniter Metrik im Hilbert-Raum“. Es wurden die bisherigen Ergebnisse dargelegt und auch auf die Schwierigkeiten verwiesen, die noch vorhanden seien. Vor allem war die mathematische Analyse der von Heisenberg eingeführten indefiniten Metrik des Hilbert-Raumes noch ungenügend. Hier verwies Heisenberg auf das Auftreten Paulis in der Diskussion, der sicher zu dieser Frage sprechen würde. Am Schluß des Vortrages drückte Heisenberg die Überzeugung aus, daß die dargelegten Ergebnisse in der weiteren Arbeit durch eingehendere Untersuchungen der Folgen aus dem theoretischen Versuch bestätigt werden würden. Die Frage danach, ob dieser Versuch zu einer Theorie der Elementarteilchen führe, war nach Heisenbergs Meinung noch offen.

[70] W. Heisenberg, Der gegenwärtige Stand der Theorie der Elementarteilchen. in: Die Naturwissenschaften, 42. Jg., Heft 24 (1955), S. 640.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

In der Diskussion kam es zu einer scharfen Polemik gegen Heisenbergs Auffassungen. Besonders Pauli kritisierte die Heisenbergschen Arbeiten sehr stark. Er sagte sich sogar von der Mitautorschaft an der Theorie los. A. K. Walter schreibt dazu in seiner Einführung zur Elementarteilchentheorie: „1957 gelang es Heisenberg und Pauli, eine Deutung der Isotopeneigenschaften der Teilchen zu geben und in das allgemeine Schema nicht nur die Nukleonen und Mesonen, sondern auch die übrigen Teilchen einzuschließen. Diese Mitteilung rief starkes Interesse bei sowjetischen und ausländischen Theoretikern hervor. Jedoch wurde dem Auftreten Heisenbergs auf der Internationalen Konferenz zur Physik hoher Energien, die in Genf vom 27. Juni bis Juli 1958 stattfand, auf der er versuchte, eine einheitliche Theorie der Elementarteilchen mit Hilfe einer nichtlinearen Gleichung für das Spinorteilchen zu entwickeln, äußerst kritisch begegnet, wobei mit der härtesten Kritik Pauli auftrat, der sich von der Mitautorschaft an der Theorie lossagte. Im Laufe der Diskussion wurden die Unzulänglichkeiten der Theorie geklärt, wie sie von Heisenberg dargelegt wurde. Es wurde die Unkorrektheit der mathema-[74]tischen Behandlung gezeigt (die Ausnutzung der Tamm-Dankoff-Methode zur Berechnung der Teilchenmassen wurde als grob anerkannt). Außerdem zeigte sich, daß die durch Heisenberg vorgenommene Einführung einer indefiniten Metrik offensichtlich zur Verletzung der Mikrokausalität und das entartete Vakuum zu Widersprüchen mit den existierenden Feldtheorien führt. Auf diese Weise erlitt der konkrete Versuch Heisenbergs, eine einheitliche Theorie der Elementarteilchen zu schaffen, einen Mißerfolg. Nichtsdestoweniger wurde auf der Konferenz einmütig anerkannt, daß es nicht richtig wäre, von den Versuchen, eine Theorie der Elementarteilchen zu schaffen, Abstand zu nehmen. Im Gegenteil. Diese Richtung erfordert die Heranziehung möglichst bedeutender theoretischer Kräfte.“[71]

In einem umfangreichen Artikel zur Theorie der Elementarteilchen nahmen Heisenberg und seine Mitarbeiter 1959 auch zur Kritik Paulis Stellung. „Auf diese Weise“, stellte damals der sowjetische Physiker Iwanenko fest, „bleibt der Weg für eine widerspruchsfreie Entwicklung der einheitlichen nichtlinearen Theorie offensichtlich offen.“ Nach Iwanenkos Meinung ist es ungeachtet der nicht vorhandenen völligen quantitativen Übereinstimmung mit der Erfahrung gelungen, eine Reihe wesentlicher Resultate zu erreichen, indem die prinzipielle Möglichkeit des Aufbaus einer Theorie der Elementarteilchen gezeigt wurde.

Für Iwanenko, der bei seinen Forschungen selbst in dieser Richtung arbeitete, war 1959 die nichtlineare Spinortheorie die grundlegende, wenn nicht einzige Hoffnung der gegenwärtigen Physik auf eine einheitliche Beschreibung der Materie.[72]

In der Folgezeit kam es auf internationalen Konferenzen immer wieder zu heftigen Diskussionen zwischen den Vertretern des Heisenbergschen Ansatzes zur Entwicklung einer Theorie der Elementarteilchen und ihren Gegnern. Auf der Solvay-Konferenz in Brüssel im Jahre 1961 hatte man sich mit der mathematischen Struktur der inzwischen heftig umstrittenen Quantenfeldtheorie beschäftigt. An ihr nahmen neben Heisenberg auch Bohr, Dirac, Yukawa, Oppenheimer, Brack, Bethe, Wigner u. a. teil. Auf dieser Konferenz stießen die verschiedenen Richtungen hart aufeinander. Vor allem die von Chew vertretene Auffassung hält die Feldtheorie für einen ungeeigneten, wenn nicht sogar unnütz en Ausgangspunkt für die Theorie der Elementarteilchen. Nach dieser Auffassung reicht die S-Matrix zur Beschreibung der Eigenschaften der Elementarteilchen aus. Es ergeben sich unter vereinfachten Bedingungen für diese Problematik bestimmte Dispersionsrelationen, die zu [75] Ergebnissen führen, wenn man eine Reihe von Eigenschaften, die im Experiment bestimmt werden, ausnutzt. In den letzten Jahren konnte die Theorie der Dispersionsrelationen eine ganze Reihe von Erfolgen verzeichnen. Hinsichtlich der Frage der Anwendbarkeit der Feldtheorie wurde begreiflicherweise auf der Brüsseler Konferenz keine Einigung erzielt; aber in einer anderen Frage wurde man sich im

[71] A. K. Walter, Einführung in die Physik der Elementarteilchen, Charkow 1960 (russ.), S. 28.
[72] Nichtlineare Quantentheorie des Feldes, Moskau 1959 (russ.), S. 37.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

wesentlichen einig: Obwohl es immer noch Auffassungen gab, die einen Unterschied zwischen den elementaren und zusammengesetzten Teilchen sahen, wobei die eigentlichen Teilchen ein gewisses Zentrum, einen Kern haben, dieser aber bei den zusammengesetzten Teilchen fehlen sollte, war nun die Mehrheit der Konferenzteilnehmer davon überzeugt, daß es einen Unterschied zwischen einfachen und zusammengesetzten Teilchen nicht gibt.

Das Zusammentreffen der von Chew und Heisenberg vertretenen Richtungen löste eine über mehrere Jahre anhaltende Auseinandersetzung aus. Wenn wir uns an das Programm Heisenbergs erinnern, dann ging es ihm bei seiner Theorie um folgende wesentliche Seiten: Er wollte ein einheitliches Verständnis der Materie. Das bedeutete, daß alle Elementarteilchen, auch wenn sie nach der Art ihrer Wechselwirkung voneinander verschieden sind und verschiedene Eigenschaften haben, aus einem gemeinsamen Ursprung erklärt werden können. Außerdem sollten die Eigenschaften der Teilchen nicht Grundläge für die Theorie sein, sondern sich aus der Theorie ergeben. Eben deshalb suchte Heisenberg nach einer Grundgleichung für ein Feld als Grundstoff für alle Elementarteilchen.

Dieses Programm Heisenbergs ist sehr umfangreich. Es erinnert an die erfolglosen Versuche Einsteins zum Aufbau einer allgemeinen Feldtheorie, in der es auch gewisse inhaltliche Berührungspunkte gibt, worauf wir später noch eingehen werden. Muß der Heisenbergsche Versuch nicht vielleicht auch deshalb scheitern, weil er einerseits zu hohe Anforderungen an die Theorie stellt, wenn er die Erklärung aller Eigenschaften der Teilchen und ihrer Wechselwirkung aus ihr verlangt, andererseits aber mit groben Näherungsmethoden arbeiten muß, die keine Übereinstimmung von Theorie und Erfahrung gestatten? Hier machen sich die von Heisenberg schon früher vorausgesagten mathematischen Schwierigkeiten bemerkbar.

Noch sind die von ihm aufgeworfenen Fragen nach einer indefiniten Metrik und nach dem entarteten Grundzustand nicht endgültig beantwortet. Das letzte Wort hat bei diesen Fragen immer das Experiment. Es bestätigt oder widerlegt die Richtigkeit einer theoretischen Aussage und gestattet deshalb Hinweise auf die Fruchtbarkeit oder Nutzlosigkeit einer Theorie.

Die Entwicklung einer physikalischen Theorie braucht Schulenbildung und den damit verbundenen Meinungsstreit. Das gilt nicht nur für die Physik, [76] sondern auch für jede andere Wissenschaft. Selbst eine Theorie, die sich später als nicht haltbar erweist, hat ihre Rolle beim erkenntnistheoretischen Fortschritt gespielt, sobald sie in der Lage war, experimentelle Ergebnisse theoretisch zu erfassen. Sie zwingt dazu, die zwischen Experiment und Theorie entstehenden Widersprüche genauer zu untersuchen, Argumente für und gegen den theoretischen Ansatz abzuwägen und neue Experimente durchzuführen. Nur eine Vielzahl von Experimenten macht die gesetzmäßigen Beziehungen der untersuchten Erscheinungen durchsichtiger, und nur der theoretische Meinungsstreit bringt als Ergebnisse Lösungen von Problemen, die manchmal völlig neuartig und unerwartet sind.

Die Diskussion zwischen Heisenberg und Chew erreichte auf der Internationalen Konferenz zur Physik hoher Energien in Genf im Juli 1962 einen Höhepunkt. Am 7. Juli wurde während der Konferenz eine theoretische Diskussion durchgeführt. Van Hove eröffnete sie und stellte drei Hauptprobleme heraus:

Erstens die Theorie der Regge-Pole, die inzwischen als ein Mittel benutzt wurde, um Zusammenhänge zwischen den Teilchen aufzudecken. Durch die ständig sich vergrößernde Zahl der Teilchen brauchte man Modelle, die die Voraussage neuer Teilchen erlaubten, indem sie die bisherigen klassifizierten. In dieser Richtung hatte der italienische Physiker Regge einen Zusammenhang zwischen der Masse der Teilchen und dem Spin entdeckt. Die Trajektorie Regges gab nun für bestimmte Größen des Spins, die ja nur physikalische Bedeutung haben, wenn sie halb- oder ganzzahlig sind, die entsprechenden Massen. Nimmt man Teilchen, die in allen Quantenzahlen, außer dem Spin, übereinstimmen, dann ergeben sich bestimmte Gruppen

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

von Teilchen, für die der Zusammenhang zwischen Spin und Masse dargestellt werden kann. So hatte man eine Klassifikationsmöglichkeit. In den Jahren danach wurden auch andere Möglichkeiten gezeigt, besonders von Gell-Mann, der Teilchen mit gleichem Spin und gleicher Parität, aber verschiedenem Isotopenspin und verschiedener Hyperladung, zusammenfaßte. 1962 wurde jedoch vor allem über die Regge-Pole diskutiert.

Zweitens stellte van Hove die dynamischen Theorien der Elementarteilchen heraus. Darunter verstand er die nichtlineare Spinortheorie Heisenbergs und anderer, aber auch den „bootstrap"-Mechanismus von Chew, worüber wir später noch sprechen werden. Ein besonderer Punkt sollte die Idee des entarteten Grundzustands sein, der van Hove fundamentale physikalische und philosophische Bedeutung beimaß, wenn sie sich als richtig erweisen sollte. Jedoch wurde über diesen Punkt kaum diskutiert. Es wurde nun das allgemeine Unbehagen der Gegner der Heisenbergschen Theorie darüber [77] ausgedrückt, daß Heisenberg diese Idee zur Grundlage seiner Theorie machte. Drittens erwähnte van Hove die Quantenelektrodynamik.[73]

Zur Einführung in die Diskussion sprach Heisenberg. Er versuchte, die verschiedenen Standpunkte zur Feldtheorie oder Elementarteilchentheorie zu klassifizieren. In einer etwas später zur Auswertung den Diskussion über diese Fragen geschriebenen Arbeit hebt er diese Merkmale noch einmal hervor: „Auf Grund der Diskussionen der letzten Jahre läßt sich die hier zugrunde gelegte Axiomatik gegen andere Axiomatisierungsversuche abgrenzen.

I. Das Verhalten der Elementarteilchen in weitem gegenseitigem Abstand (ihre Wirkungsquerschnitte bei Stößen usw.) soll durch eine S-Matrix beschrieben werden können, die die empirisch bekannten Gruppen (Lorentzgruppe, Isospingruppe usw.) darstellt, und die soweit analytisch ist, wie die oben genannte Forderung den relativistischen Kausalität dies verlangt.

II. Es wird die weitere Annahme hinzugefügt, daß ein lokaler Feldoperator $\Psi(x)$ existiert, der bei raumartigen Abständen (anti)kommutiert und in dem geeigneten Hilbert-Raum Transformationen bewirkt. Wegen der Kausalitätsforderung muß $\Psi(x)$ dann einer Differentialgleichung (oder einer Integrodiffenentialgleichung mit beliebig kleinem Zeitintegrationsintervall Δt) genügen.

III. Zu I und II wird noch die Forderung hinzugefügt, daß die Metrik im Hilbert-Raum positiv definit sein soll. Ferner sollen die asymptotischen Zustände (d. h. die Zustände der freien Teilchen) genügen, den ganzen Hilbert-Raum aufzuspannen."[74]

Oppenheimer entgegnete sofort, daß diese Merkmale nur die Beziehungen der Heisenbergschen Theorie zu anderen Theorien erfassen. Nach seiner Meinung wäre es auch möglich, alle Elemente von 3 in 1 einzuschließen und daraus ein Feld zu deduzieren mit allen Elementen der Lokalität, ohne eine totale Lokalität einzuschließen. Daran schloß sich eine Diskussion um Lokalität und Kausalität an, an der sich auch Heisenberg beteiligte. Dabei wurden Argumente für und wider die Feldtheorie vorgebracht. Gell-Mann stellte die Frage, ob es eine *S*-Matrix-Theorie mit allen nötigen Eigenschaften gäbe, die einer Feldtheorie entspricht, deren Feld lokal ist. Nach seiner Meinung gibt es sowohl auf seiten der Verteidiger der Feldtheorie als auch ihrer Gegner eine bestimmte Unklarheit. Noch reicht unser Wissen nicht aus, um diese Frage endgültig zu entscheiden.

[78] Heisenberg entwickelte einige Konsequenzen, die sich aus den Annahme der Regge-Pole ergeben, und stellte dann an Chew die Frage, wie er über diese Konsequenzen denke und wie er sich dabei fühle. Chew erwiderte, daß Heisenberg mit dieser Frage ein Element der Religion in

[73] Gekürzter Text der theoretischen Diskussion vom 7. Juli 1962 auf der Internationalen Konferenz zur Physik hoher Energien (engl.), Dubna 1963, S. 1. Für die folgenden Darlegungen vergleiche die folgenden Seiten.
[74] W. Heisenberg, Die Entwicklung der einheitlichen Feldtheorie der Elementarteilchen. In: „Die Naturwissenschaften", 1 (1963), S 3.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

den Gegenstand hineinlege. Er fühle sich jedenfalls sehr ergriffen von dieser Frage, zu der Heisenberg offensichtlich eine religiöse Antwort wolle. Darauf könne man nur erwidern, Heisenberg habe recht mit seinen Konsequenzen. Aber Chew unterstützte Gell-Mann mit der Behauptung, daß sie noch gar keine Antwort auf alle die gestellten Fragen wüßten. Früher habe er auch mit Feldern gearbeitet, aber niemals richtig verstanden, was ein Feld sei. Er spreche den Dispersionsbeziehungen mehr Bedeutung zu.

Gell-Mann bemerkte zu den aufgetretenen Differenzen, die sich im wesentlichen zwischen den Vertretern der Feldtheorie und der Dispersionsrelationen zuspitzten, daß die Methoden, die benutzt werden, verschieden seien, so wie auch diejenigen, die die Methoden benutzen, verschiedene Menschen mit verschiedener Psychologie seien, und die weitere Forschung erst über die Richtigkeit entscheiden muß.

In der Antwort an die Vertreter der Dispersionsrelationen hob Heisenberg noch einmal hervor, daß es unter Anwendung eines lokalen Feldoperators gelingen könnte, Gesetze für alle Elementarteilchen zu finden. Die Schwierigkeit bei der Benutzung der S-Matrix allein besteht für ihn in der großen Zahl von notwendigen Eigenschaften. Chew schlug Approximation vor, aber Heisenberg machte den Einwand, daß es hoffnungslos sei, für 200 Teilchen 200 Variable zu benutzen. Er bezeichnete es als äußerst schwierig, allein mit der S-Matrix zu arbeiten. Für ihn hätte die Ausnutzung eines lokalen Feldoperators großen Nutzen bei der Lösung komplizierter Probleme.

In der Folgezeit wurde es auf den Kongressen ruhiger um Heisenbergs Theorie. Es wurde über Gell-Manns Klassifikation mit Hilfe von Multipletten diskutiert, über seinen Vorschlag, Teilchen mit gebrochenen Quantenzahlen, die „quarks“ einzuführen. Die Dispersionsrelationen wurden durch verschiedene Experimente in ihren Grundannahmen bestätigt. Aber der Streit um die besten Methoden ist auch heute noch nicht entschieden.

Heisenberg und seine Mitarbeiter, wie auch andere Gruppen, z. B. Iwanenko u. a., arbeiten weiter an einer nichtlinearen Spinortheorie, wodurch sie zu einer einheitlichen Theorie der Elementarteilchen zu gelangen hoffen. Vielleicht erweist es sich, wie Gell-Mann schon 1962 auf der Konferenz in Genf meinte, daß die Differenzen zwischen den verschiedenen Parteien gar nicht so groß sind. So baute Iwanenko die Annahme der „quarks“ in seine Theorie ein.

[79] Darüber kann nur die zukünftige experimentelle und theoretische Forschung entscheiden. Zugleich ergibt sich in diesem Stadium der Diskussion auch schon eine Vielzahl von philosophischen Problemen, zu deren Lösung ebenfalls bestimmte Hypothesen erforderlich sind.

Heisenberg hat im Laufe seines Lebens eine große Anzahl philosophischer Vorträge gehalten, philosophische Probleme entdeckt und diskutiert; er hat zu wesentlichen physikalischen Problemen der letzten 40 Jahre philosophische Gedanken geäußert. Das gibt uns die Möglichkeit, an diesen Gedanken Heisenbergs die Entwicklung des philosophischen Denkens eines Physikers zu verfolgen, der immerhin der Repräsentant einer nicht unbeträchtlichen Gruppe von hervorragenden Physikern ist. Die Kritik und Diskussion seiner philosophischen Auffassungen stellt zugleich die Darlegung der philosophischen Probleme eines wesentlichen Teils der modernen Physik, der Quantenmechanik und Elementarteilchentheorie dar.

5. Philosophie und Physik

Heisenberg zeigt mit seinen Arbeiten die enge Verbindung von Physik und Philosophie. Er gab sich nie mit der Feststellung der physikalischen Tatsache zufrieden, er versuchte stets auch den inneren Zusammenhang von Tatsachen zu ergründen, Theorien aufzustellen und die Folgerungen daraus zu ziehen. Dabei stieß er unweigerlich auf philosophische Probleme.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Den ersten Anstoß zum philosophischen Denken erhielt er bereits in seinem Vaterhaus. Sein Vater hatte den Lehrstuhl für Byzantinistik in München inne, und einer seiner Großväter war Philologe. Im Heisenbergschen Haus hängt das Bild seines Urgroßvaters, der über Zahlenharmonien nachdachte, der Schellingschen Naturphilosophie folgend. So gab ihm das Elternhaus eine durch philosophische Kenntnisse ergänzte humanistische Bildung.

Die beste Schule philosophischen Denkens dürfte jedoch für ihn die Diskussion um die Bedeutung der Quantentheorie, besonders unter der Anleitung von Niels Bohr in Kopenhagen, gewesen sein. Dort diskutierte man mit Schrödinger im Herbst 1926 intensiv dessen Vorschlag von den Materiewellen. Schrödinger wollte die Quanten und Quantensprünge überhaupt aufgeben und alles mit Hilfe von Wellen erklären. In der Diskussion erwiesen sich aber die Mängel dieser Deutung. Heisenberg schreibt über die darauf folgende Zeit: „In den Monaten, die auf diese Diskussion folgten, führte schließlich ein intensives Studium all der Fragen, die mit der Deutung der Quantentheorie zu tun haben, in Kopenhagen zu einer vollständigen und, wie viele Physiker glauben, befriedigenden Klärung der ganzen Situation. [80] Aber es war keine Lösung, die man leicht nehmen konnte. Ich erinnere mich an viele Diskussionen mit Bohr, die bis spät in die Nacht dauerten und fast in Verzweiflung endeten. Und wenn ich am Ende solcher Diskussionen noch allein einen kurzen Spaziergang im benachbarten Park unternahm, wiederholte ich mir immer und immer wieder die Frage, ob die Natur wirklich so absurd sein könne, wie sie uns in diesen Atomexperimenten erschien.“[75] Das Ergebnis war die bereits erwähnte Kopenhagener Deutung der Quantentheorie, mit der wir uns noch auseinandersetzen werden.

Auch in den Aufgaben, die Heisenberg der Naturwissenschaft zuspricht, kommt die enge Verbindung von Philosophie und Physik in seinem Denken zum Ausdruck. Für ihn soll die Naturwissenschaft einerseits Kenntnisse vermitteln, die die Menschen in den Stand setzen, die Naturkräfte ihren eigenen Interessen dienstbar zu machen; andererseits soll sie den Menschen durch eine wirkliche Einsicht in die Zusammenhänge der Natur die richtige Stellung in ihr zuweisen.[76]

Hier geht es um die Aufgabe der Naturwissenschaft bei der Herausbildung der Weltanschauung. Bei allen großen Umwälzungen im Denken der Menschen spielte auch die Naturwissenschaft eine Rolle. Die Ergebnisse der Physik versetzen der religiös feudalen Weltanschauung entscheidende Schläge. Auf dieser Grundlage wurde der mechanische Materialismus begründet, der bis ins 19. Jahrhundert hinein unter den Materialisten vorherrschte. Zweifellos ist die Naturwissenschaft nicht allein bestimmend für die Herausbildung einer Weltanschauung: Die Auffassungen, die in einer Anschauung über die Beziehungen in der Welt enthalten sind, werden in erster Linie von den gesellschaftlichen Verhältnissen her bestimmt. Sie haben die Aufgabe, den Menschen gesellschaftliche Zusammenhänge nahezubringen. Aber die Existenz allgemeinster Beziehungen und Gesetze in Natur und Gesellschaft wurde stets dazu genutzt, auch aus der Naturwissenschaft solche allgemeinen Beziehungen zu entdecken und sie auf ihre Tragfähigkeit für die Gesellschaft zu überprüfen. So ist der dialektische Materialismus als Weltanschauung der Arbeiterklasse in erster Linie die theoretische philosophische Grundlage des wissenschaftlichen Kommunismus. Aber als Weltanschauung entwickelt er auch seine Vorstellung zur Dialektik der Natur, zu den allgemeinsten Beziehungen und Gesetzen in Natur und Gesellschaft, zu den erkenntnistheoretischen und methodologischen Problemen der Naturwissenschaft und zu den Wechselbeziehungen zwischen Natur- und Gesellschaftswissenschaft. Für die allseitige Begründung des dialektischen Materialismus [81] als wissenschaftlicher Weltanschauung spielt die Naturwissenschaft eine große Rolle. Ihre neuesten Ergebnisse müssen verallgemeinert werden, weil sie eine Präzisierung der philosophischen Kategorien verlangen und damit auch eine Weiterentwicklung der Philosophie.

[75] W. Heisenberg, Physik und Philosophie, S. 26.
[76] W. Heisenberg, Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft, S. 14.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Heisenberg sieht nicht die Vielseitigkeit der Grundlagen einer Weltanschauung. Er unterscheidet nicht wissenschaftliche Philosophie von anderen Formen von Philosophien. Aber er bemerkt den richtigen Zusammenhang zwischen Naturwissenschaft und Philosophie, wie er in dem Beitrag der Naturwissenschaft zur Herausbildung und Entwicklung der Weltanschauung besteht. Die Aufgabe der Naturwissenschaft besteht für ihn auch darin, „uns Aufschluß zu geben, über die allgemeinen Zusammenhänge der Natur, in der wir stehen". Das ist die zweite Aufgabe der Naturwissenschaft, von der wir schon sprachen. Dazu sagt er: „Die Naturwissenschaft darf sich dieser Aufgabe nicht entziehen, wenn sie sich selber treu bleiben will. Es sei nur daran erinnert, daß in der Antike einige der ersten Vertreter der entstehenden Naturerforschung zugleich Träger einer religiösen Bewegung waren. Und wenn wir bedenken, daß die Wandlung des naturwissenschaftlichen Weltbildes am Ende der Renaissance das ganze geistige und kulturelle Leben der folgenden Zeit umgestaltet hat, so liegt es nahe, auch mit einem Einfluß der jetzt eingetretenen Wandlung auf weitere Bereiche des geistigen Lebens zu rechnen. Wenn auch die in jüngster Zeit erfolgte Wandlung an Bedeutung nicht zu vergleichen ist mit jener großen beim Beginn der Neuzeit, so wird sie doch vielleicht ausreichen, um die Anschauung, die wir etwa das naturwissenschaftliche Weltbild des 19. Jahrhunderts nennen, durch etwas anderes zu ersetzen."[77]

Heisenberg sprach diese Worte 1934 in einem Vortrag vor der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte. Es war die Zeit heftiger Auseinandersetzungen um die philosophische Deutung der Quantentheorie. Zwar war die Kopenhagener Deutung von der Mehrheit der Physiker angenommen worden; aber es gab noch bekannte Physiker, wie Einstein und Planck, die sich nicht mit ihr einverstanden erklärten. Außerdem war der Wandlungsprozeß im Denken der Menschen zwar bei den Physikern schon weit fortgeschritten; viele andere Wissenschaftler und breite Kreise der Öffentlichkeit jedoch hatten ihre Auffassungen zu den philosophischen Grundlagen der Naturwissenschaft noch nicht überprüft.

Leider wurde der notwendige und sich entwickelnde fruchtbare Meinungsstreit um philosophische Fragen der Naturwissenschaft kurz darauf jäh unterbrochen. Der Sieg des Faschismus in Deutschland trieb viele Wissenschaft-[82]ler in die Emigration. Die Sorge um die Zukunft des Vaterlandes bewegte sie mehr als philosophische Diskussionen um die Quantentheorie. Die Anzeichen einer aggressiven Politik der Nazis verstärkten die Angst vor einem drohenden Krieg. Im Vordergrund des öffentlichen Interesses standen die Antikriegsbewegung und die Verbreitung humanistischer Ideen, gerichtet gegen die Nazibarbarei. Die für die Entwicklung von Physik und Philosophie so fruchtbaren internationalen Konferenzen konnten nicht mehr stattfinden. Aus Physikern, die sich freundschaftlich auf Kongressen begegnet waren, sollten plötzlich Feinde geworden sein.

Zwar kündigte sich eine solche Haltung schon vor der Machtergreifung durch die Faschisten in Deutschland an, aber keiner nahm sie ernst. Schon 1921 hatte der spätere Anführer der Nazis unter den deutschen Physikern, Lenard, dem sowjetischen Physiker Joffe, der sein Institut besuchen wollte, mitteilen lassen, daß er wichtigere Dinge zu tun hätte, als Feinde seines Vaterlandes zu empfangen.[78] Lenard schrieb später über die „deutsche" Physik, aus der alle Theorien verschwanden, die nicht von Deutschen stammten. Darüber hinaus wurden vor allem solche Theorien als unsinnig bezeichnet, die von Vertretern einer „minderwertigen Rasse" stammten. Dazu gehörten für Lenard auch Einstein und seine Relativitätstheorie. Da er jedoch die Energie-Masse-Beziehung nicht verschweigen konnte, schrieb er sie einem Wiener Physiker zu. Es ist selbstverständlich, daß in dieser Zeit von einer freien Gedankenäußerung im faschistischen Deutschland keine Rede sein konnte. Die humanistisch erzogenen und denkenden Physiker wie Planck, Laue und Heisenberg hatten einen schweren Stand in Deutsch-

[77] Ebenda, S. 17.
[78] A. F. Joffe, Begegnungen mit Physikern, S. 83.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

land. Wie sollte man in einer solchen Situation über philosophische Probleme offen und breit diskutieren, wo schon die Erwähnung des Namens Einstein Heisenberg das nazistische Schimpfwort „weißer Jude“ einbrachte. Die in Deutschland gebliebenen Physiker, abgesehen von den wenigen, die fanatisch den Nazis anhingen, zogen sich in ihre Arbeit zurück und versuchten Physik und faschistische Politik auseinanderzuhalten, soweit das überhaupt gelingen konnte. Erst nach der Zerschlagung des Faschismus konnten nach und nach wieder Verbindungen aufgebaut werden. Lange dauerte es, ehe wieder internationale Kongresse stattfanden und die große Diskussion um philosophische Probleme der Physik wieder neu belebt werden konnte.

Die bisherigen Ereignisse waren nicht spurlos vorübergegangen. Das nach 1945 sich herausbildende sozialistische Lager gewann nicht nur politischen, sondern auch ideellen Einfluß auf die Diskussion philosophischer Probleme der Naturwissenschaften. Sehr oft war die Diskussion durch Voreingenom-[83]menheit von seiten der Physiker aus kapitalistischen Ländern kompliziert. Die antikommunistische Hetze der Nazis und die Zeit des kalten Krieges erschwerten das offene Gespräch. Nur wenige Physiker aus kapitalistischen Ländern bekannten sich zum dialektischen Materialismus. Zu diesen gehörten solche hervorragenden Wissenschaftler wie Langevin, Joliot Curie, Blackett u. a. Immer mehr setzt sich der vernünftige Standpunkt durch, daß die Probleme gemeinsam diskutiert werden müssen. Deshalb taucht in vielen Arbeiten zu philosophischen Fragen der Naturwissenschaft in den kapitalistischen Ländern immer öfter eine Auseinandersetzung mit Auffassungen des dialektischen Materialismus auf.

Auch Heisenberg wurde in die allgemeine Auseinandersetzung hineingestellt. Er hatte den Mut, 1957 mit anderen Physikern den Göttinger Appell zu unterzeichnen, der sich gegen die Ausnutzung der Atomenergie zu Kriegszwecken wandte. Die unterzeichneten Physiker erklärten sich nicht bereit, an einer solchen Forschungsarbeit mitzumachen. Heisenberg nimmt auch heute wieder an den Diskussionen um die theoretischen Probleme der Physik und ihre philosophischen Konsequenzen teil. 1958 sprach er in Berlin und Leipzig, 1959 nahm er an der Konferenz in Kiew teil, und 1964 hielt er in Weimar auf der Tagung der Gesellschaft für Naturforscher und Ärzte einen Vortrag. Auch auf internationalen Konferenzen trifft er mit sowjetischen Kollegen zusammen. So nahmen auf der Genfer Konferenz 1962 an der Diskussion um die einheitliche Feldtheorie u. a. auch Mandelstam, Bogoljubow und andere sowjetische Physiker teil.

Im Wintersemester 1956/57 hielt Heisenberg an der Universität St. Andrews die Gifford-Vorlesungen. Sie werden alljährlich durchgeführt und sollen nach dem Willen ihres Stifters die natürliche Theologie zum Gegenstand haben. Es soll dabei um die letzten Fragen des Ursprungs der Welt und des menschlichen Seins gehen, wenn man von der Bindung an eine spezielle Religion absieht. Heisenberg hatte man die Aufgabe gestellt, die Beziehungen zwischen Atomphysik und allgemeinen philosophischen Problemen sichtbar zu machen. Die Vorlesungen erschienen zuerst in englischer Sprache in Amerika und sind dann unter dem Titel „Physik und Philosophie“ in deutscher Sprache herausgegeben worden. Sie zeigen, daß sich Heisenberg eingehend mit den philosophischen Problemen seines Fachgebiets befaßt hat. Er entwickelt die philosophischen Deutungen der Quanten- und Relativitätstheorie, indem er versucht, philosophiehistorisch die Entwicklung des philosophischen Gedankenguts zu zeigen und die neuen Ergebnisse der Physik mit den Ideen vieler philosophischer Denker zu konfrontieren.

Er behandelte auch allgemeine erkenntnistheoretische und methodologische Probleme und setzt sich an einigen Stellen mit dialektisch-materialistischen [84] Argumenten auseinander. Solche wichtigen Begriffe, auf die wir später eingehen werden, wie Kausalität, Bewegung, Wirklichkeit, Raum-Zeit und andere, werden von ihm betrachtet. Dabei wird deutlich, daß er sich auch

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

intensiv mit der Geschichte der Philosophie beschäftigt hat. Für die Einschätzung der philosophischen Ansichten ist dabei wesentlich, daß er sich sehr oft einfach auf Ideen philosophischer Denker stützt; ohne eine Gesamteinschätzung des betreffenden Philosophen zu geben, aber auch ohne sich voll und ganz mit ihm zu identifizieren. Mit seinen Äußerungen zur Geschichte der Philosophie in den Gifford-Vorlesungen setzt er die schon früher in seinen Vorträgen zum Ausdruck gekommene Linie fort, an die physikalischen Probleme bei ihrer philosophischen Deutung historisch heranzugehen. Das bietet sich direkt an und wird von vielen anderen Physikern so gemacht. Denken wir nur an die Theorie von der Struktur der Materie, an die Raum-Zeit-Probleme oder die Bewegungsauffassung. Zu allen diesen Fragen wurden in der Geschichte der Philosophie viele kluge Gedanken geäußert, daß es sich lohnt, ihre Beziehungen zu den modernen Ideen zu untersuchen, wodurch auch die diesbezügliche Entwicklung des menschlichen Denkens klarer offenbar wird. Vor allem die griechischen Philosophen haben zu vielen Problemen, die heute der konkreten einzelwissenschaftlichen Forschung unterliegen, intuitiv viele richtige und interessante Ideen geäußert. Heisenberg hielt beispielsweise Vorträge über die „Gedanken der antiken Naturphilosophie in der modernen Physik“, „Die Goethesche und Newtonsche Farbenlehre im Lichte der modernen Physik“. In seinen Gifford-Vorlesungen behandelte er „die Quantentheorie und die Anfänge der Atomlehre“ und „die Entwicklung der philosophischen Ideen seit Descartes im Vergleich zu der neuen Lage in der Quantentheorie“. Auch in vielen anderen Vorträgen zu philosophischen Problemen der Physik versuchte er, Verbindungen herzustellen zu früheren philosophischen Ideen.

Trotz dieser Beschäftigung mit der Geschichte der Philosophie wäre es jedoch einseitig, wollte man Heisenberg mit einer der philosophischen Richtungen identifizieren, aus denen er interessante Gedanken entnimmt. An seiner Stellung zu den Pythagoreern und Platon soll seine Haltung zur Philosophiegeschichte verdeutlicht werden. Zu den Pythagoreern schreibt er: „Die Schule des Pythagoras war aus dem orphischen Kult entstanden, der auf die Anbetung des Dionysos zurückgeht. Hier wurde jene merkwürdige Verbindung zwischen Religion und Mathematik hergestellt, die seit der damaligen Zeit den allerstärksten Einfluß auf das menschliche Denken ausgeübt hat. Die Pythagoreer scheinen zum ersten Male die schöpferische Kraft der mathematischen Formulierung erkannt zu haben. Ihre Entdeckung, daß zwei Saiten dann harmonisch zusammentönen, wenn ihre Längen in einem ratio-[85]nalen Verhältnis stehen, zeigte ihnen, wieviel die Mathematik für das Verständnis von Naturerscheinungen bedeuten kann. Für die Pythagoreer handelte es sich dabei nicht eigentlich um eine rationale Erklärung. Für sie schuf das mathematische Verhältnis der Längen der Saiten die Harmonie des Klanges. Es gab in den Lehren der Pythagoreischen Schule auch viel Mystik, die für uns schwer zu verstehen ist. Aber indem sie die Mathematik zu einem Teil ihrer Religion machten, berührten sie einen entscheidenden Punkt in der Entwicklung des menschlichen Denkens.“[79] Hier wird deutlich, daß er keine Gesamteinschätzung der philosophischen Haltung der Pythagoreer geben will. Viele ihrer Auffassungen subsumiert er unter die Mystik, die für uns schwer zu verstehen sei. Er will Antwort auf die philosophischen Probleme finden, die sich aus seiner Arbeit ergeben. Dabei ist für ihn als Physiker die durch die Pythagoreer inspirierte Entwicklung der Mathematik wesentlich. In der Entwicklung des menschlichen Denkens blieb auch nicht die Verbindung von Mathematik und Religion erhalten, sondern die rationellen Ergebnisse der Mathematik. Sicher ist die Frage schwer zu beantworten, was für die Pythagoreer der Grund zur Beschäftigung mit der Mathematik gewesen sein mag. War die Religion der Ausgangspunkt oder war sie der Deckmantel? Es war ja vor allem die religiöse Tradition, die auch Materialisten wie Epikur von Gott oder den Göttern sprechen läßt. Heisenberg interessiert sich jedoch nicht für all diese Fragen, sondern für ihn ist die von den Pythagoreern ausgehende Förderung des mathematischen Denkens wesentlich. Die Wurzeln der Mathematik reichen weit zurück. Die moderne Wissenschaft kann ohne Mathematik nicht

[79] W. Heisenberg, Physik und Philosophie, S. 48 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

auskommen. Das Verhältnis von Mathematik und Physik, Mathematik und Wirklichkeit ist eines der philosophischen Probleme, mit denen sich Heisenberg öfter beschäftigt.

Zu Platon schreibt Heisenberg: „Plato konstruiert seine regulären Körper aus zwei Arten von Dreiecken, dem gleichseitigen und dem rechtwinklig gleichschenkligen Dreieck, die er zusammensetzt, um daraus die Oberfläche der regulären Körper zu bilden. Daher können die Elemente zum Teil ineinander verwandelt werden. Die regulären Körper können in ihre Dreiecke zerlegt und neue reguläre Körper aus diesen Dreiecken aufgebaut werden. Zum Beispiel kann man ein Tetraeder und zwei Oktaeder in zwanzig gleichseitige Dreiecke auseinandernehmen, die man wieder zusammensetzen kann, um ein Ikosaeder daraus zu bilden, das heißt, ein Atom Feuer und zwei Atome Luft können zusammengesetzt werden, um ein Atom Wasser zu bilden. Aber die Dreiecke können nicht als Materie betrachtet werden, da sie ja keine räumliche Ausdehnung besitzen. Nur wenn die Dreiecke zu einem [86] regulären Körper zusammengesetzt werden, so entsteht dabei eine Grundeinheit der Materie. Die kleinsten Teile der Materie sind also nicht primär existierende Dinge wie in der Philosophie des Demokrit, sondern sie sind mathematische Formen. Es wird deutlich, daß die Form hier wichtiger ist als der Stoff, aus dem die Form besteht oder der in dieser Form erscheint.“[80] Auch hier ist es wieder das Verhältnis von Mathematik und Wirklichkeit, das Heisenberg am meisten beschäftigt. Er versucht die Gedanken der griechischen Philosophen zur Lösung der modernen philosophischen Probleme auszunutzen. Nach seiner Meinung entscheidet die moderne Physik gegen Demokrit, der die Atome als ewige und unzerstörbare Einheiten nahm, und für Platon und die Pythagoreer, da die Elementarteilchen sich ineinander umwandeln können. Um die Beziehung noch zu erweitern, formuliert Heisenberg: „In der heutigen Quantentheorie können wir kaum daran zweifeln, daß die Elementarteilchen letzten Endes auch mathematische Formen sind, aber solche einer sehr viel komplizierteren und abstrakteren Art.“[81] Zweifellos finden die Elementarteilchen ihren theoretischen Ausdruck in mathematischen Beziehungen, sei es in der Feldtheorie, der Theorie der Dispersionsrelationen oder in einer anderen Theorie. Die Mathematik faßt die möglichen Relationen zu einem logisch geschlossenen, widerspruchsfreien System solcher Relationen zusammen. Sie erfaßt damit als Theorie nicht in erster Linie wirkliche Relationen, sondern die Gesamtheit der möglichen und gestattet es, in solchen theoretischen Systemen eine Vielzahl wirklicher Relationen abzubilden. Das Verhältnis von Wirklichkeit und Mathematik kommt hier darin zum Ausdruck, daß die Mathematik zur Widerspiegelung wirklicher Beziehungen fähig ist. Es wäre einseitig, wollte man die Mathematik nur an objektiv-reale Gegenstände binden. In ihr manifestiert sich die Kraft des schöpferischen Denkens. Sie muß entwickelt werden, auch unabhängig von der Erforschung der Wirklichkeit, um schon aufnahmebereit für die Lösung von Problemen zu sein, wenn die anderen Wissenschaften sie an die Mathematik herantragen. Das Problem ist die richtige Auswahl des mathematischen Formalismus und die Deutung seiner Ergebnisse. Nicht jeder Gegenstand hat einen mathematischen Begriff, sondern die Beziehungen zwischen Gegenständen und Prozessen werden in einem mathematischen System von Begriffen erfaßt. Der Platz des Begriffs wird dabei durch das System bestimmt. Andererseits muß bei der Abbildung wirklicher Beziehungen in einem solchen Begriffssystem die objektiv-reale Bedeutung von Folgerungen erforscht werden. Ein gutes Beispiel für diese Art der Forschungsarbeit bietet die Diracsche Löchertheorie, deren Deutung zu den Antiteilchen führte.

[87] Das Verhältnis von Mathematik und Wirklichkeit läßt also keine einseitige Erklärung des Widerspiegelungsprozesses von der Wirklichkeit zur Mathematik zu. Hier zeigen sich die selbständige Rolle der Theorie und die Kraft des schöpferischen Denkens. Auf materieller Grundlage entstanden und operierend, dient das Denken zur Erkenntnis der Wirklichkeit.

[80] Ebenda, S. 50.
[81] Ebenda, S. 52.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Dieser materialistische Standpunkt kann jedoch nicht die Kompliziertheit des Verhältnisses von Denken und Wirklichkeit verdecken. Diese Beziehung muß auch in der Zukunft von philosophischer Seite noch genauer analysiert werden.

Heisenberg stellte fest: „Die moderne Physik schreitet also auf denselben geistigen Wegen voran, auf denen schon die Pythagoreer und Platon gewandelt sind. Und es sieht so aus, als werde am Ende dieses Weges eine sehr einfache Formulierung der Naturgesetze stehen, so einfach, wie auch Platon sie sich erhofft hat. Es ist schwer, irgendeinen guten Grund für diese Hoffnung auf Einfachheit anzugeben, abgesehen von der Tatsache, daß es bisher immer möglich gewesen ist, die Grundgleichungen der Physik in einfachen mathematischen Formeln aufzuschreiben. Diese Tatsache paßt zu der Religion der Pythagoreer, und viele Physiker bekennen sich in dieser Hinsicht zu ihrem Glauben, aber bisher hat noch niemand einen wirklich überzeugenden Grund dafür angeben können, daß es so sein muß.“[82]

Bisher hat sich die Hoffnung Heisenbergs auf eine einfache Formulierung der Naturgesetze noch nicht bestätigt. Noch stehen wir im Bereich der Elementarteilchen immer wieder vor neuen Rätseln. Auf jeden Fall muß man die von Heisenberg angeführte Problematik der Einfachheit von Naturgesetzen philosophisch analysieren. Nicht der Glaube allein kann uns hier weiterhelfen. Auch ist es nicht einfach Glaube, sondern unbewußte Weltanschauung, die aus der bisherigen Analyse der Entwicklung der Wissenschaft entstand. In diesem Sinne „glaubte“ man, ausgehend von der bis dahin erfolgten philosophischen Analyse im 17., 18. und 19. Jh., alle Erscheinungen auf mechanische Gesetze zurückführen zu können. Schon die philosophische Analyse durch Engels im 19. Jh. zeigte auf der Grundlage des noch unzureichenden einzelwissenschaftlichen Materials die Unhaltbarkeit dieses Standpunkts, der dann auch von den Physikern des 20. Jh. im wesentlichen aufgegeben wurde. Wenn Heisenberg meint, daß noch keiner einen überzeugenden Grund für die Einfachheit der Naturgesetze angeben konnte, so bedeutet das für uns, daß dieses Problem noch nicht ausreichend philosophisch untersucht wurde. Es ist Aufgabe einer philosophischen Disziplin, die sich mit den philosophischen Problemen der Naturwissenschaft befaßt, das Verhältnis von Abstraktion und Wirklichkeit, Gesetz und Bedingungen, Mathe-[88]matik und Physik, Symmetrien und Asymmetrien zu untersuchen. Alles das sind Probleme, die hinter der Auffassung von der Einfachheit der Naturgesetze stecken.

Wenn Heisenberg sich also in der modernen Physik mit der Linie Pythagoras-Platon gegen die Linie Demokrit identifiziert, so kann man daraus nicht einfach auf die Wiederbelebung des Platonischen Idealismus schließen. Der rationelle Kern, der Heisenberg an der Platonischen Philosophie auf Grund der Lage in der modernen Physik interessiert, ist die dort zum Ausdruck gebrachte Kraft des theoretischen Denkens und die Veränderlichkeit der Grundelemente des Seins. Das erstere findet Heisenberg in der Rolle der Mathematik, das zweite in der Umwandlung der Elementarteilchen ineinander. Die Aufgabe der marxistischen Philosophie muß nun darin bestehen, vor allem das mit idealistischen philosophischen Ansichten verbundene rationelle Problem zu bearbeiten. Erst dann kann für den Naturwissenschaftler wirkliche philosophische Hilfe geleistet werden.

Dabei wächst das Interesse an philosophischen Problemen unter den Physikern immer mehr. Das hat verschiedene Ursachen, und auch am Beispiel Heisenbergs, in dessen Person sich die enge Verbindung von Philosophie und Physik ausdrückt, kann man die Gründe für die engere Verbindung beider Disziplinen studieren. Heisenberg bringt selbst immer wieder zum Ausdruck, daß die Ergebnisse der modernen Physik in den philosophischen Bereich übergreifen. Auch Weizsäcker schreibt beispielsweise zu dieser engen Verbindung von Physik und Philosophie: „Die Physik hat in unserem Jahrhundert ihre Grundlagen revidiert und fährt mit dieser Revision noch fort. Einzelwissenschaft beruht im allgemeinen auf gewissen stillschweigend

[82] Ebenda, S. 54.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

anerkannten Grundannahmen. Immer wenn sie diese selbst revidieren muß, wird sie zu philosophischen Fragen genötigt. So kann man die Bedeutung der großen Schritte der heutigen Physik nur im philosophischen Rahmen erläutern.“[83]

Grundlage für diese Anerkennung der engen Beziehung von Physik und Philosophie durch hervorragende Physiker, die keine dialektischen Materialisten sind, bieten einige Tendenzen der modernen Wissenschaftsentwicklung, die wir kurz andeuten wollen: Dazu gehört vor allem die ungeheure Entwicklung des theoretischen Denkens in unserem Jahrhundert. Noch Anfang des 20. Jh. konnte der große deutsche Experimentalphysiker Röntgen seine Verwunderung über die Relativitätstheorie Einsteins ausdrücken, von der er nicht wußte, wozu sie eigentlich dienen sollte. Heute entwickelt sich [89] die theoretische Physik in rasendem Tempo. Sie bringt immer allgemeinere Theorien hervor, die immer größere Bereiche physikalischer Prozesse umfassen. Hinzu kommt die enge Verknüpfung von Mathematik und Physik, die noch deutlicher die Rolle der Theorie in der modernen Wissenschaftsentwicklung demonstriert. Aufgabe der Theorie ist es, eine Vielzahl von Erscheinungen in ihrem Wesen zu erfassen. Der größeren Allgemeinheit moderner Theorien entspricht ein größerer Bereich erforschter Erscheinungen. Zugleich rührt damit aber die physikalische Theorie auch an grundlegende Probleme der menschlichen Erkenntnis überhaupt, sie revidiert ständig grundlegende Voraussetzungen ihrer Entwicklung. So leistet sie Beiträge zur Raum-Zeit-Theorie, zur Kausalitäts- und Bewegungsauffassung, die Bestandteil einer philosophischen Theorie sind. Auch andere Wissenschaften wie Biologie, Chemie und Gesellschaftswissenschaften zeigen mehr oder weniger diese Tendenz zur Herausbildung allgemeiner Theorien und zur Verbindung mit der Mathematik. Das läßt die enge Verbindung von Einzelwissenschaft und Philosophie deutlich werden, wobei sich die Hilfe der Philosophie vor allem auf die notwendige Revision von Grundbegriffen der Wissenschaft und die dabei auftretenden erkenntnistheoretischen und methodologischen Probleme erstrecken muß.

Ein weiterer Zug in der Entwicklung der Physik ist die Aufdeckung dialektischer Beziehungen im physikalischen Bereich. Der Welle-Korpuskel-Dualismus und die Unwandelbarkeit der Elementarteilchen ineinander sind nicht mehr mit der mechanistischen Denkweise von der Existenz unveränderlicher Körper zu erklären. Es wird zu neuen Denkformen übergegangen. Die alte klassisch-mechanische Weltanschauung wird auch in der Physik revidiert. Eine neue Denkweise, die dialektische, als Widerspiegelung objektiver dialektischer Beziehungen, setzt sich durch. Das zwingt Physiker und Philosophen, den Umwälzungsprozeß von der einen zur anderen Denkweise zu analysieren. Dieser Aufgabe sind viele Vorträge Heisenbergs gewidmet.

Unter vielen Physikern beginnt auch immer mehr die eigene Beschäftigung mit dem philosophischen Standpunkt, den man zur Deutung der physikalischen Ergebnisse benutzt, in den Vordergrund zu treten. Zu Beginn des Jahrhunderts und insbesondere davor dachte die Mehrheit der Physiker spontan materialistisch. Die Revision von Grundbegriffen zwang sie, Reflexionen über die eigene philosophische Haltung anzustellen. Heute stellen wir einen Prozeß des Übergangs zu bewußten materialistischen und dialektischen Anschauungen im Denken vieler Physiker auch in den kapitalistischen Ländern fest. Am Beispiel Heisenbergs werden wir sehen, daß es nicht der dialektische Materialismus ist, der vertreten wird, aber auch nicht mehr die nur unbewußte spontane Haltung eines naturwissenschaftlichen Materialisten. [90] Dieser Erkenntnisprozeß unter den Physikern führt zugleich zu einer stärkeren Auseinandersetzung mit philosophischen Fragen durch den Physiker selbst.

In der modernen Wissenschaft schreitet die Spezialisierung immer weiter voran. Zwar erweist sich auf Grund der Entwicklung allgemeiner Theorien fast jedes Spezialgebiet als Teilgebiet

[83] C. F. v. Weizsäcker, Werner Heisenbergs Leben und Werk, „Stuttgarter Zeitung“ vom 30.11.1961.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

einer umfassenden Theorie, aber das hebt die notwendige Spezialisierung keineswegs auf. Außerdem entstehen ständig neue Gebiete, die noch gar nicht in das Gesamtbild eingeordnet werden können. Es entstehen auch Wissenschaften, die Grenzfragen verschiedener Gebiete untersuchen. Das Wissenschaftsgefüge wird dadurch immer komplizierter. Es entsteht die Aufgabe, den Zusammenhang der verschiedenen Wissenschaften, die Tendenzen der weiteren Wissenschaftsentwicklung und die sich aus dem Zusammenhang der Wissenschaften ergebenden allgemeinen Beziehungen und Gesetze zu analysieren. Diese Aufgabe kann eine wissenschaftliche Philosophie meistern und dadurch zum Vermittler zwischen den Erkenntnissen spezialisierter Wissenschaften werden. Max Born formulierte 1962 auf der Nobelpreisträgertagung in Lindau diesen Gedanken, indem er forderte, das einigende Band zwischen den spezialisierten Wissenschaften zu finden.

Schließlich muß man das bei Heisenberg durch Elternhaus, Tradition und eigene Arbeit sich herausbildende Interesse an der Philosophie hervorheben, wodurch erst diese so glückliche Synthese des hervorragenden Physikers mit dem philosophischen Denker entstehen konnte.

Was uns an dieser Verbindung besonders interessiert, ist die Anerkennung der Bedeutung philosophischen Forschens für die Entwicklung der Wissenschaft und die eigene Beschäftigung mit philosophischen Problemen durch Heisenberg. Dabei ändern sich seine philosophischen Ansichten in Abhängigkeit von der Entwicklung der Physik, was besonders bei seiner Auffassung von der objektiven Realität deutlich werden wird. Die Entwicklung seiner Auffassung führt zum Hervortreten bewußter materialistischer und dialektischer Elemente in seinem philosophischen Denken, sie ist jedoch auch mit idealistischen Äußerungen und kritischen Bemerkungen zum dialektischen Materialismus verbunden. Von seiner materialistischen Haltung ausgehend, bestimmte Heisenberg das Ziel der Naturwissenschaft in seinen Gifford-Vorlesungen folgendermaßen: „Wenn die Naturwissenschaft das Problem der Materie untersucht, so muß sie zunächst die Formen der Materie studieren. Die unendliche Vielfalt und Wandelbarkeit der Formen der Materie muß das unmittelbare Objekt der Forschung sein; die Anstrengungen müssen darauf gerichtet sein, Naturgesetze zu finden, einheitliche Prinzipien, die als ein Leitfaden durch dieses unendliche Feld dienen können. Daher konzentriert die [91] exakte Naturwissenschaft und besonders die Physik seit langer Zeit ihr Interesse auf eine Analyse der Struktur der Materie und der Kräfte, die für diese Struktur verantwortlich sind.“[84]

Hier ist nicht nur die richtige Feststellung von der Aufgabe der Naturwissenschaft entscheidend, die in philosophischer Form erfolgt, sondern auch die richtige Erkenntnis, daß heute die Untersuchung der physikalischen Struktur der Materie im Vordergrund des wissenschaftlichen Interesses steht. Eben dieser Fortschritt des physikalischen Denkens von der Untersuchung der statistischen Bewegung zur Struktur der physikalischen Mikroobjekte brachte auch eine Änderung der philosophischen Ansichten Heisenbergs mit sich, die am besten in seiner Auffassung zur objektiven Realität erkennbar ist. [92]

[84] W. Heisenberg, Physik und Philosophie, S. 121.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

II. DIE ENTWICKLUNG DER AUFFASSUNGEN HEISENBERGS ZUR OBJEKTIVEN REALITÄT

1. Quantenmechanik und neue Wirklichkeitsauffassung

Zwischen Philosophie und physikalischer Lehre von der Struktur der Materie besteht eine wechselseitige Beziehung. Die Kenntnisse der Physik über die Struktur der Materie konkretisieren die philosophischen Aussagen und sind die Grundlage für deren Erweiterung. Dagegen verallgemeinert die Philosophie die Auffassung von der Struktur der Materie in der Physik und stellt Verbindungen zu anderen Wissenschaften her, indem sie die allgemeinen Beziehungen und Gesetze hervorhebt. Bei der wissenschaftlichen philosophischen Verallgemeinerung der bestehenden Strukturauffassung in der Physik werden zugleich die Grenzen der bisherigen Erkenntnisse deutlich.

Zur Zeit der Herrschaft des mechanischen Materialismus war die herrschende Wirklichkeitsauffassung wesentlich durch die Ergebnisse der Physik bestimmt. Man kann diese Vorstellung von der Wirklichkeit etwa so charakterisieren: Es gibt unveränderliche Körper, die sich im absoluten dreidimensionalen Raum bewegen. Diese sind aus kleinsten unteilbaren Teilchen aufgebaut. Es existiert eine absolute Weltzeit.

Natürlich wurde dieser Auffassung mit der Theorie der elektromagnetischen Felder ein Schlag versetzt. Aber dieser Schlag konnte dadurch gemindert werden, daß man Felder nur als bequeme Methode zur Beschreibung von Vorgängen auffaßte und nicht selbst als Materieart erkannte. Einen entscheidenden Schlag führte dann die Relativitätstheorie gegen die klassische Raum-Zeit-Auffassung. Sie bestätigte damit den bereits von Engels erkannten engen Zusammenhang von Raum-Zeit und Materie. Die Kritik, die Engels und Lenin an den klassischen Auffassungen übten, drang nur ungenügend in die Reihen der Naturwissenschaftler ein.

Nur wenige Wissenschaftler versuchten, die Naturgesetze vom dialektischen Materialismus her zu verstehen. Aber sie waren vorhanden. Der sowjetische Physiker A. F. Joffe schreibt über seine Studienfahrt nach München im Jahre 1902, daß das Buch Plechanows aber den dialektischen Materialismus, einige Abschnitte des „Kapital“ von Marx und die Diskussion um ökonomische Probleme in seinem Bewußtsein das Fundament für das marxistische Verständnis nicht nur der uns umgebenden Welt, sondern auch der Wissenschaft legten. Er erinnerte sich, daß er die Thermodynamik und besonders die statistische Physik in München als konkrete Entwicklung der Ideen des dialektischen Materialismus empfand. Die philosophischen Bücher [93] von Mach und Duhem erschienen ihm als mystisch und beleidigend für den menschlichen Verstand.[85] Insgesamt war jedoch unter den Physikern der Einfluß Machscher Ideen stark verbreitet. Gerade mit diesem Zustand setzt sich Lenin in seinem Werk „Materialismus und Empiriokritizismus“ auseinander. Er deckt dort das Wesen der sogenannten Krise der Physik auf: „Das Wesen der Krise der modernen Physik besteht in der Zerstörung der alten Gesetze und Grundprinzipien, in der Preisgabe der außerhalb des Bewußtseins existierenden objektiven Realität, d. h. in der Ersetzung des Materialismus durch Idealismus und Agnostizismus. ‚Die Materie ist verschwunden‘ – so kann man die grundlegende und in bezug auf viele Einzelfragen typische Schwierigkeit, die diese Krise geschaffen hat, ausdrücken.“[86]

Wie wir wissen, nahm Heisenberg zu Beginn der zwanziger Jahre erstmalig an der Diskussion um die Entwicklung der Quantentheorie teil. Er leistete seinen physikalischen Beitrag zur Entwicklung der Quantenmechanik, stellte die Unbestimmtheitsrelationen auf und wurde dann Ende der zwanziger Jahre und später zu einem der wichtigsten Propagandisten der mit den neuen Ergebnissen verbundenen philosophischen Ideen.

---

[85] Vgl. A. F. Joffe, Begegnungen mit Physikern, S. 11.
[86] W. I. Lenin, Materialismus und Empiriokritizismus. In: W. I. Lenin, Werke, Bd. 14, Berlin 1962, S. 257.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Die Quantenmechanik brachte die bereits durch die Relativitätstheorie und die Planckschen und Bohrschen Arbeiten genügend attackierte mechanisch-materialistische Materieauffassung vollends ins Wanken. Wie schwierig für manchen Physiker die Lage dabei war, zeigt das Beispiel von Lorenz, der im Gespräch mit Joffe im Jahre 1924 seine Gedanken zur Entwicklung der Physik ausdrückte. Er erzählte über die erste Periode seiner wissenschaftlichen Tätigkeit, als im Zentrum der Aufmerksamkeit die Maxwellsche Theorie stand. Lorentz verstand zuerst ihren physikalischen Sinn nicht. Er wandte sich an den Übersetzer Maxwells in Paris, der ihm erklärte, daß da auch nichts zu verstehen sei, die Maxwellsche Theorie wäre eine Mathematik ohne physikalischen Inhalt. Jedoch bald begriff Lorentz den physikalischen Sinn der Maxwellschen Theorie; das elektromagnetische Feld war für ihn eine physikalische Realität. Er wandte sich nun den Quellen des Feldes, den Ladungen, zu und formulierte seine Theorie über die Existenz von Elektronen. Die Idee von der Existenz der Elektronen trat immer mehr in den Vordergrund und wurde auch als richtig bestätigt. Lorentz war in dieser Zeit glücklich und glaubte seinen Beitrag zur Physik geleistet zu haben. Aber dann kam die Quantenphysik. „Heute sage ich", meinte Lorentz, „daß das sich auf einer kreisförmigen Bahn bewegende Elektron Energie ausstrahlt. Morgen erkläre ich im selben Auditorium, daß das Elektron, das sich um den [94] Kern bewegt, keine Energie verliert. Wo ist die Wahrheit, wenn man über sie wechselseitig sich ausschließende Behauptungen aufstellen kann? Sind wir überhaupt in der Lage, die Wahrheit zu erkennen, und hat es Sinn, sich mit der Wissenschaft zu beschäftigen?" Solche Fragen bewegten Lorentz im Gespräch mit Joffe. Dieser versuchte ihm zu erklären, daß sich das Widersprechende als zwei Seiten einer Erscheinung oder eines physikalischen Objekts erweisen kann und daß diese Widersprüche nur Kennzeichen der Unvollständigkeit und Einseitigkeit unseres Wissens sind. Joffe charakterisiert die Ausweglosigkeit, in die ein so bedeutender Gelehrter wie Lorentz ohne Kenntnis des dialektischen Materialismus gelangte. Zum Schluß sagte Lorentz in diesem Gespräch: „Ich verlor die Überzeugung, daß meine wissenschaftliche Arbeit zur objektiven Wahrheit führt, und ich weiß nicht, wozu ich lebte. Ich bedaure nur, daß ich nicht fünf Jahre früher starb, als mir noch alles klar war".[87]

Das ist ein Beispiel, wie sich erkenntnistheoretische Schwierigkeiten auf die Weltanschauung des einzelnen auswirken können, wenn er keine wissenschaftliche philosophische Grundlage zu ihrer Erklärung besitzt. Ein Teil der Physiker versuchte immer wieder, zu alten klassischen Auffassungen zurückzukehren. Zu ihnen gehörte vor allem Max Planck. Als Joffe 1911 zu ihm mit einem Artikel kam, in dem er die Photonenvorstellung, die nicht mit der elektromagnetischen Theorie von Maxwell vereinbar war, in seinen Darstellungen ausnutzte, fand Planck den Artikel interessant, meinte jedoch: „Wir sind Maxwell sehr verpflichtet, daß es undankbar wäre, sich von seiner Theorie loszusagen. Versuchen Sie bitte dieselben Ergebnisse zu erreichen, indem Sie sich nicht von Maxwell trennen. Alles, was man aus seiner Theorie erhalten kann, soll man aufbewahren."[88]

Heisenberg und die Kopenhagener Schule unter Leitung von Niels Bohr versuchten mit den erkenntnistheoretischen Problemen fertig zu werden, indem sie die Revision von weltanschaulichen Grundauffassungen bewußt vornahmen. Sie wandten sich gegen die Rückkehr zu klassischen Auffassungen. Sie empfanden auch nicht, wie Lorentz, die Situation als ausweglos. Die vorwiegend jungen Physiker hatten Freude an den neuen Ideen, die ihnen einleuchtend erschienen. Sie verschrieben sich dem Kampf gegen alte überlebte Auffassungen. Dabei hatten sie in Niels Bohr einen guten Lehrer. Im Überschwang der Freude an den neuen Ideen und in Unkenntnis der bereits geleisteten philosophischen Arbeit war ihre Revision der Grundbegriffe eine vernichtende Kritik der mechanischen Materieauffassung, aber darüber hin-[95]aus auch eine nicht zu rechtfertigende Ablehnung der objektiven Realität der Elementarobjekte. Im

[87] A. F. Joffe, Begegnungen mit Physikern, S. 57 f.
[88] Ebenda, S. 77.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Kampf gegen den mechanischen Materialismus wurde an wesentlichen Stellen der Materialismus überhaupt angegriffen und dabei dem Positivismus Tribut gezollt.

Bestand in der Entwicklung des menschlichen Denkens hat jedoch das positive Anliegen, mit den veralteten Auffassungen radikal Schluß zu machen und die neue Denkweise durchzusetzen. Leider wurde diese Seite auch von marxistischen Autoren zuwenig hervorgehoben, so daß ein einseitiges Bild einer idealistischen Deutung der Quantenmechanik durch Heisenberg und andere entstand, wobei der wirkliche Gehalt der Auseinandersetzung vernachlässigt wurde, was Heisenberg einmal zu der bissigen Bemerkung veranlaßte: „Man erkennt aus den erwähnten Formulierungen vor allem, wie schwierig es wird, wenn man versucht, neue Sachverhalte in ein altes, aus früherer Philosophie stammendes System von Begriffen zu pressen oder, um eine alte Redeweise zu brauchen, wenn man probiert, neuen Wein in alte Schläuche zu füllen. Solche Versuche sind immer peinlich: denn sie verführen dazu, sich immer wieder mit den unvermeidbaren Rissen in den alten Schläuchen zu befassen, statt sich über den neuen Wein zu freuen.“[89]

Auch Einstein fällt wegen seiner Anerkennung der objektiven Realität physikalischer Prozesse für Heisenberg unter die „Konservativen“. Zweifellos ist das dadurch bedingt, daß nach der Solvay-Konferenz von 1927 Einstein in vielen Diskussionen mit Bohr immer wieder neue Gedankenexperimente ersann, um die Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen zu umgehen und die klassische Gleichzeitigkeit von Ort und Impuls zu retten. Aber wir werden später noch sehen, daß die Wirklichkeitsauffassung nicht an die Anerkennung der gleichzeitigen Existenz von Ort und Impuls des Elementarobjekts gebunden ist.

Einstein, der hervorragende Revolutionär der modernen Physik, war in seiner Haltung zur Quantentheorie in gewisser Weise konservativ. Die mit der Quantentheorie verbundene Kopenhagener Deutung befriedigte ihn nicht. Das brachte Vertreter der Kopenhagener Deutung dazu, ihre Schlüsse noch schärfer zu formulieren. Ihr richtiges Anliegen vermischte sich mit idealistischen Thesen. So finden wir dann auch Formulierungen, die das Verschwinden der Materie behaupten. Aber grundlegend ist der Kampf der Vertreter der Kopenhagener Deutung gegen die klassische Materieauffassung. Das wird auch deutlich in der Einschätzung, die Weizsäcker vom Streit zwischen Einstein und Bohr gibt. Kernpunkt dieser Auseinandersetzung war die Interpretation der Realitätsauffassung in der modernen Physik. Weizsäcker schreibt: „Der Bericht Bohrs über die mehr als ein Jahrzehnt dauernden Diskussionen, [96] die er über diese Fragen mit Einstein hatte, liest sich wie ein Drama, in welchem dem Helden, Einstein, alle einzelnen Unternehmungen fehlschlagen, in dem er sich aber gleichwohl bis zuletzt treu bleibt. Einstein hat vergeblich versucht, durch eine Reihe höchst geistreich ausgedachter Gedankenexperimente einen inneren Widerspruch in der Quantentheorie nachzuweisen. Er hat damit nur dazu beigetragen, die begriffliche Struktur der Quantentheorie ganz klar zu machen, und hat schließlich dieser Quantentheorie, nicht mehr auf Argumente, sondern auf das gestützt, was er seinen Instinkt nennt, das Prädikat ‚unzureichend‘ gegeben. Er empfindet die Auffassung von der Wirklichkeit, mit der die Quantenphysiker sich zufrieden geben, als eine Wiederholung des esse est percipi von Berkeley. Er hofft auf eine zukünftige Physik, welche den Begriff der an sich seienden physikalischen Realität wieder herstellen wird.“[90]

Einstein wollte mögliche idealistische Konsequenzen in der Physik vermeiden und kämpfte deshalb gegen den Positivismus. Nach Weizsäcker war er mit gutem Recht davon überzeugt, daß der Physiker eine von ihm nicht selbst gemachte Wirklichkeit beschreibe. Einstein wehrte sich gegen den Versuch, den Begriff der Wirklichkeit aus der Physik zu entfernen. Weizsäcker hält Einsteins Auffassung, in der Quantenmechanik werde dieser Versuch gemacht, für einen

[89] W. Heisenberg, Physik und Philosophie, S. 113 f.
[90] C. F. v. Weizsäcker, Zum Weltbild der Physik, Stuttgart 1958, S. 207.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

„tragischen Irrtum“. Allerdings erfordere die Quantenmechanik eine „Modifikation des Realitätsbegriffs“: „Was ist die Modifikation des Realitätsbegriffs, die hierin liegt? Man kann die absolute Trennung von Subjekt und Objekt, auf der die klassische Physik beruht, nicht aufrecht erhalten: Der eigentliche revolutionäre Charakter dieser Änderung tritt erst hervor, wenn man sieht, daß sie aus der Anerkennung des Dingbegriffes hervorgegangen ist, und ihn also nicht verwirft, sondern auf einen Anwendungsbereich beschränkt. Mit der leichtfertigen Verwerfung des Dingbegriffes im Machschen Positivismus hat diese Lehre nur die Freiheit vom naiv realistischen Dogma gemein, ohne sich aber einem entgegengesetzten Dogma deshalb zu verschreiben. Sie erinnert uns daran, daß die Welt ein Ganzes ist, in dem man nicht eine res cogitans von einer res extensa scharf trennen kann. Jedes Experiment ist ein materieller Akt, der zugleich ein Wahrnehmungsakt ist.“[91] Die Frage nach der Realität im Erkenntnisprozeß als wesentliches philosophisches Problem wird hier durch Weizsäcker als Kernpunkt des Streits hervorgehoben. Tatsächlich muß der materialistische Standpunkt, der das Primat der Materie anerkennt, auch das Problem lösen, wie die objektive Realität erkannt wird. Objektive und subjektive Faktoren bilden im Erkenntnisprozeß eine Einheit. Die Macht des theoretischen Denkens erst er-[97]laubt die Vorhersage objektiver Vorgänge. Aber das hebt eben die Objektivität nicht auf. Der dialektische Materialismus wendet sich auch gegen eine mechanistische Interpretation des Erkenntnisprozesses als bloßer Einwirkung der Materie auf den menschlichen Erkenntnisapparat. Der Mensch erkennt aktiv. Gerade diese Erkenntnis spielt eine große Rolle in der marxistischen Philosophie und macht die Praxis zu einer ihrer Zentralkategorien.

Im Überschwang der Freude über die neuen Ideen wurden viele unexakte Formulierungen zugelassen, von denen Weizsäcker feststellt: „Vielleicht haben viele von uns Jüngeren, denen die Quantentheorie schon selbstverständlich ist, ein weniger deutliches Gefühl für die Tragweite dieser Konsequenzen als Einstein, der sich gegen sie wehrt. Wir werden den Mut Bohrs, ein neues Gelände der Wissenschaft im Bewußtsein der Radikalität seiner Konsequenzen zu betreten, bewundern, und wir müssen ihm folgen; aber wir werden diesen Mut nicht verwechseln mit der Leichtfertigkeit derer, die sich darüber täuschen, daß es in einer geistigen Revolution wie der der Physik unseres Jahrhunderts um Sein oder Nichtsein geht. Sehr vieles, was fast allen von uns noch als selbstverständlicher Besitz der Neuzeit erscheint, würde eine Analyse von der Schärfe derjenigen, die Bohr und Heisenberg in der Atomphysik durchgeführt haben, nicht besser bestehen, als es dort der Wirklichkeitsbegriff der klassischen Physik getan hat.“[92]

Die Kritik Einsteins an voreiligen positivistischen Folgerungen war ebenso berechtigt wie der Kampf Bohrs, Heisenbergs u. a. gegen die klassische Realitätsauffassung, die die Ergebnisse der modernen Physik nicht erklären konnte. Heisenberg interessierte sich vor allem für die neue Wirklichkeitsauffassung, die der modernen Physik adäquat ist.

In dem Vorwort zu seinen Vorträgen (1942) bemerkte er: „Die einzelnen Schritte der Forschung sind oft so kompliziert, ihre Begründung ist so schwierig, daß sie nur von der kleinen Gruppe der Fachleute verfolgt werden können. Die entscheidenden Wendungen aber gehen einen großen Kreis von Menschen an und müssen in diesem großen Kreis verstanden werden. Ein solches Verständnis kann, da die ins einzelne gehende Begründung fehlen muß, nur dadurch zustande kommen, daß die neuen Gedanken in ihrer Beziehung zu den verschiedensten Fragen allgemeiner, insbesondere philosophischer Art immer von neuem erörtert werden. Die vorliegenden Vorträge sollen im Leser eine Vorstellung erwecken von der merkwürdigen Situation, vor die sich der Naturforscher heute – entgegen seinem ursprünglichen Wunsch – beim Anblick seiner Wirklichkeit gestellt sieht. Der Verfasser ist überzeugt, daß diese Situa-

[91] Ebenda, S. 209 f.
[92] Ebenda.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

tion – als eines von vielen Anzeichen einer sich [98] wandelnden Zeit – eine tiefgehende Veränderung in der Struktur der ganzen Wirklichkeit ankündigt; wobei mit dem Wort Wirklichkeit die Gesamtheit der Zusammenhänge bezeichnet wird, die sich zwischen dem formenden Bewußtsein und der Welt als seinem objektivierbaren Inhalt ausspannen.“[93] Interessant sind hier die Hervorhebung der philosophischen Probleme und die Ankündigung einer Änderung der Struktur der Wirklichkeit. Tatsächlich konnte die Quantenmechanik nicht mehr auf der Grundlage einer Annahme unveränderlicher Körper im dreidimensionalen Raum arbeiten. Die Quantenmechanik befaßt sich mit den Bewegungsgesetzen von Teilchen, deren Art und Zahl im Verlaufe des Prozesses erhalten bleiben. Für den klassischen Körper ist wesentlich, daß seine Bewegung mit Hilfe von Differentialgleichungen im Hamiltonformalismus erfaßt werden kann. Sind Ort und Impuls von Teilchen eines Systems zu einem bestimmten Zeitpunkt bekannt, dann kann die Lage jedes Teilchens im System und damit das Gesamtverhalten des Systems zu jedem späteren Zeitpunkt vorausgesagt werden. Prinzipielle Schwierigkeiten machte auch die klassische statistische Physik nicht für diese Auffassung, da es möglich sein sollte, auch das Verhalten des Einzelteilchens zu bestimmen.

Kernpunkt der Diskussionen waren nun stets die Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen, die die Voraussetzung für die exakten Voraussagen in der klassischen Physik fallenließen. Es war nicht möglich, gleichzeitig Ort und Impuls des Teilchens zu bestimmen. Die Voraussagen, die durch die Physik für das Verhalten der Elementarobjekte gemacht werden konnten, waren statistische Aussagen. In seinen Gedankenexperimenten, die Heisenberg zur Erläuterung der Unbestimmtheitsrelationen anführte, ergab sich bei der Messung eines Teilchens mit Hilfe des Mikroskops stets bei genauer Ortsmessung eine Impulsungenauigkeit und umgekehrt. Der Grund liegt bei diesem Gedankenexperiment darin, daß bei der Ortsmessung eines Teilchens Licht auf dieses Teilchen fällt und die dabei auftretende Wechselwirkung von Licht und Teilchen entweder zu einem Comptonrückstoß bei kurzwelligem Licht oder zu Beugungen bei langwelligem Licht führte.

Damit wurde die Wechselwirkung zwischen Licht und Teilchen, die in der Kopenhagener Deutung als Wechselwirkung zwischen Beobachtungsmittel und Beobachtungsobjekt klassifiziert wurde, wesentlich für die neue Wirklichkeitsauffassung. Es existierte nicht mehr das isolierte klassische Teilchen, das sich auf Grund von bekannten Gesetzen auf mechanische Weise mit anderen Teilchen in Wechselwirkung befindet. Die neuen physikalischen Objekte hatten neue Eigenschaften. Sie waren sowohl in einem Experiment als [99] Wellen als auch in anderen Experimenten als Korpuskeln zu erklären, obwohl sie keines von beiden absolut waren.

Diese neue Erkenntnis von der komplizierten Struktur der Materie versuchte Heisenberg so zu fassen, daß er das Hauptproblem in der Erkenntnis dieser physikalischen Objekte sah. Nimmt man die objektive Wechselwirkung der Teilchen und Quanten als ein Problem an, das bei der Beobachtung entsteht, und betrachtet man den Welle-Korpuskel-Dualismus als eine Erscheinung, die durch verschiedene Experimente hervorgebracht wird, dann muß man vor allem die Erkenntnisprobleme untersuchen. Das tat Heisenberg auch. Für ihn verschwand das Teilchen oder Quant als objektiv existierendes physikalisches Phänomen und wurde zu einem von der Beobachtung und damit dem menschlichen Bewußtsein abhängigen Objekt.

Hinter dieser Feststellung stecken zwei Probleme. Erstens muß man das Problem der mehr oder weniger genauen Erkenntnis der Objekte von der Frage nach der Anerkennung der objektiven Wahrheit trennen. Die Frage nach der objektiven Wahrheit ist nach Lenin die Frage, ob ein Inhalt unserer Vorstellungen außerhalb und unabhängig von unserem Bewußtsein existiert.[94] Diese Frage muß mit Ja beantwortet werden, wenn man nicht dem Subjektivismus in

[93] W. Heisenberg, Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaften, S. 3.
[94] W. I. Lenin, Materialismus und Empiriokritizismus, a. a. O., S. 116.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

der Wissenschaft Tür und Tor öffnen will. Die dabei gleichzeitig erfolgende Anerkennung des Primats der Materie ist die Grundlage des dialektisch-materialistischen Standpunkts. Es existiert etwas außerhalb und unabhängig vom menschlichen Bewußtsein und kann von ihm widergespiegelt werden. Das ist der Inhalt der Leninschen Materiedefinition. Die Materie wirkt auf sich selbst ein. Die Wirkung auf den menschlichen Erkenntnisapparat ist die Ursache für unsere Empfindungen, Vorstellungen usw. Mit Hilfe unserer Experimente organisieren wir solche Wirkungen. Unser theoretisches Denken hilft uns bei der Ordnung der objektiven Zusammenhänge.

Zweitens taucht neben der prinzipiellen Frage nach der Existenz einer objektiven Wahrheit auch das echte Erkenntnisproblem auf. Die Materie hat eine unendlich komplizierte Struktur, die wir immer nur in bestimmten Seiten erkennen. Unser Erkenntnisvermögen selbst entwikkelt sich. Es ist abhängig von den zur Verfügung stehenden Apparaten, die wir im Experiment ausnutzen können. Wenn wir deshalb die objektive Wahrheit erkennen, so haben wir noch nicht die vielfältigen Probleme gelöst, die mit der Frage zusammenhängen: Wie finden wir die objektive Wahrheit? Eben diese Frage konnte Lorentz nicht beantworten. Aus der Kompliziertheit des Erkenntnisprozesses heraus verneinte er die Existenz der objektiven Wahrheit. Man kann nun sagen, daß Heisenberg anfangs in seinen philosophischen Vorträ-[100]gen die Kompliziertheit des Erkenntnisprozesses in den Vordergrund stellte und dabei oft die objektive Wahrheit vergaß.

Was jedoch bei dem im klassischen Denken befangenen Lorentz zu einem Zusammenbruch seiner Weltanschauung führte, wurde bei Heisenberg als notwendige Neuerung in der Weltanschauung aufgefaßt. Für Lorentz galt eine Aussage entweder als wahr oder falsch. Der Prozeß der Wahrheitsfindung, der heute Wahres, unter anderen Bedingungen, morgen falsch werden läßt, war von ihm als Negation der objektiven Wahrheit empfunden worden. Für Heisenberg war das Fehlen der objektiven Wahrheit kein Grund zur Unruhe. Er fand sich mit der Widersprüchlichkeit der Quantenerscheinungen ab und suchte ihre Erklärung in dem Erkenntnisprozeß der Menschen, die es notwendig, um ein physikalisches Objekt erkennen zu können, mit ihren Geräten verändern müssen.

Im wesentlichen zeigen sich in dieser Auseinandersetzung mit dem Problem der objektiven Wahrheit die notwendige Loslösung von klassischen Vorstellungen und der Übergang zur dialektisch-materialistischen Denkweise unter den Physikern, ein Prozeß, den bereits Lenin charakterisierte: „Mit einem Wort, der ‚physikalische' Idealismus von heute bedeutet genauso wie der ‚physiologische' Idealismus von gestern nur, daß eine bestimmte Schule von Naturforschern in einem bestimmten Zweig der Naturwissenschaft zu einer reaktionären Philosophie abgeglitten ist, weil sie nicht vermochte, sich direkt und von Anfang an vom metaphysischen Materialismus zum dialektischen Materialismus zu erheben. Die moderne Physik macht diesen Schritt und wird ihn vollziehen, aber sie steuert auf diese einzig richtige Methode und einzig richtige Philosophie der Naturwissenschaft nicht direkt hin, sondern im Zickzack, nicht bewußt, sondern spontan, wobei sie ihr ‚Endziel' nicht klar sieht, sondern sich ihm tastend, schwankend nähert, manchmal mit dem Rücken voran. Die moderne Physik liegt in Geburtswehen. Sie ist dabei, den dialektischen Materialismus zu gebären. Die Entbindung verläuft schmerzhaft. Außer dem lebendigen und lebensfähigen Wesen kommen unvermeidlich gewisse tote Punkte, einige Abfälle zum Vorschein, die in die Kehrichtgrube gehören. Zu diesen Abfällen gehört der ganze physikalische Idealismus, die ganze empiriokritische Philosophie samt dem Empiriosymbolismus, Empiriomonismus usw. usf."[95]

Dieser Prozeß wurde manchmal etwas einseitig in der Richtung verstanden, als ob das Ergebnis die direkte bewußte Anerkennung des dialektischen Materialismus durch die Physiker

[95] Ebenda, S. 315 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

sein müßte, oder ihre weltanschaulichen Ansichten müßten sonst unter die von Lenin erwähnten Abfälle gerechnet [101] werden. Wie uns die Entwicklung der Ansichten Heisenbergs zur objektiven Realität jedoch zeigen wird, ist eine solche Auffassung nicht geeignet, den komplizierten Prozeß des Übergangs von der mechanisch-materialistischen zur dialektisch-materialistischen Denkweise zu verstehen. Im Gegenteil. Diese schematische Haltung erschwert die Herausarbeitung der rationellen philosophischen Ansichten solcher hervorragender Physiker wie Heisenberg, die manchmal auch unter idealistischen Äußerungen versteckt sind.

Heisenberg bemühte sich in den dreißiger und vierziger Jahren, bei der Popularisierung der Ergebnisse der Quantenmechanik die neuen Züge der Wirklichkeitsauffassung zu bestimmen. Er versuchte sie in der Auseinandersetzung mit der mechanisch-materialistischen Auffassung unter kritischer Würdigung der antiken Naturphilosophie herauszuarbeiten. Bei der Darlegung der Lehre Demokrits verweist Heisenberg auf folgende Inkonsequenz: „Die Atomlehre des Demokrit erkennt einerseits, daß eine rationale Erklärung der sinnlichen Qualitäten der Materie nur möglich sein kann durch ihre Zurückführung auf das Verhalten von Wesenheiten, denen diese Qualitäten nicht mehr zukommen. Die Atome können nicht Eigenschaften wie Farbe oder Geruch besitzen, wenn sie das Zustandekommen von Farbe und Geruch der materiellen sichtbaren Körper wirklich erklären sollen. Solche sinnlichen Qualitäten werden den Atomen in der antiken Atomistik daher folgerichtig abgesprochen. Andererseits aber wird den Atomen die Qualität der Raumerfüllung belassen, so daß von Lage, Anordnung und Größe der Atome gesprochen werden kann. An dieser Stelle geht Demokrit sogar ausdrücklich über die Meinungen seiner Vorgänger hinaus. Den für die frühere Philosophie grundlegenden Gegensatz von ‚Seiendem' und ‚Nichtseiendem' verweltlicht er zum Gegensatz des ‚Vollen' und ‚Leeren'; der leere Raum gilt ihm als sinnvoller Begriff. Damit gewinnt er die Möglichkeit, die verschiedenen sinnlichen Qualitäten der Stoffe zu erklären durch die verschiedenartige räumliche Anordnung der Atome; aber er muß gleichzeitig darauf verzichten, Raum und Zeit mit der Existenz der Materie in Zusammenhang zu bringen, Raum und Zeit zu ‚erklären'. Die alte großartige Idee, daß Raum und Zeit gewissermaßen von der Materie aufgespannt und mit ihr wesensgleich seien, hat in der Demokritischen Lehre keinen Platz."[96]

Obwohl den Atomen alle sinnlichen Qualitäten abgesprochen werden, um die Vielfalt der Erscheinungen aus ihnen zu erklären, werde ihnen nach Heisenberg eine der Qualitäten gelassen. Darin sieht er die Inkonsequenz der antiken Atomistik. Der Raum ist nicht mehr durch die Materie be-[102]stimmt, sondern eine eigene Wesenheit. Heisenberg versucht nun das Wesen der modernen Atomphysik darin zu sehen, daß sie auch noch auf die letzte qualitative Bestimmtheit, nämlich die Raumerfüllung, verzichtet. Atome als einfache körperliche Gegenstände gibt es für Heisenberg nicht, aber die Einführung des Atombegriffs erleichtert eine einfache Formulierung der Zusammenhänge. Er schreibt: „Das unteilbare Elementarteilchen der modernen Physik besitzt die Qualität der Raumerfüllung nicht in höherem Maße als die anderen Eigenschaften, wie etwa Farbe und Festigkeit. Es ist seinem Wesen nach nicht ein materielles Gebilde in Raum und Zeit, sondern gewissermaßen nur ein Symbol, bei dessen Einführung die Naturgesetze eine besonders einfache Gestalt annehmen. Die Atomlehre der modernen Physik unterscheidet sich also dadurch wesentlich von der antiken Atomistik, daß sie die Ausgestaltung oder Umdeutung zu einem naiven materialistischen Weltbild nicht mehr zuläßt. Denn die Atome sind nicht mehr körperliche Gebilde im eigentlichen Sinn, und es ist wohl berechtigt, zu sagen, daß die moderne Theorie insofern den prinzipiellen Grundgedanken der Atomistik reiner verkörpert als die antike."[97]

[96] W. Heisenberg, Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft, S. 48 f.
[97] Ebenda, S. 49.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Hier wird die Wendung gegen materialistische Ideen deutlich. Heisenberg spricht zwar vom naiven Materialismus, trifft aber in seiner Formulierung den Materialismus überhaupt, wenn er die Elementarteilchen nur als Symbol und nicht mehr als materielles Gebilde in Raum und Zeit bezeichnet. Wir werden später sehen, daß gerade die überspitzten Formulierungen Heisenbergs in der Etappe, in der er sich mit den Elementarteilchen beschäftigt, nicht mehr zu finden sind. Einen Gedanken hält er allerdings berechtigt konsequent fest. Es ist die Rolle der mathematischen Theorie für die Erfassung physikalischer Sachverhalte, die hier schon mit dem Symbolcharakter des Elementarteilchens angedeutet wird. Mit dieser sehr wichtigen erkenntnistheoretischen Frage nach dem Verhältnis von objektiver Realität, Anschaulichkeit und Mathematik werden wir uns in einem der nächsten Abschnitte befassen. Unausgesprochen findet sich in der Heisenbergschen Formulierung ein interessanter Gedanke zur Entwicklung der Materieauffassung überhaupt. Materie war für die vormarxistischen Philosophen immer an die sinnlichen Eigenschaften gebunden, die man gefunden hatte. Noch bei Engels finden wir das Merkmal der Körperlichkeit als zur Materie gehörend. Obwohl Engels zusammen mit Marx den Materialismus in die Gesellschaft eingeführt hat und die gesellschaftlichen Beziehungen keine Körperlichkeit auszeichnet, sie aber materielle Beziehungen sind, das heißt außerhalb und unabhängig vom menschlichen Bewußtsein existieren, belegte er den Materie-[103]begriff in der Natur mit dem Merkmal der Körperlichkeit. Erst die Physik des 20. Jahrhunderts zwang dazu, von diesem Merkmal abzugehen. Lenin verallgemeinert diese Tendenz der Entwicklung und bindet den Materiebegriff nicht mehr an eine sinnliche Eigenschaft oder überhaupt an eine durch die Einzelwissenschaft aufgedeckte Eigenschaft der Materie. Er benutzt zur Definition die Stellung des Menschen als erkennendes Wesen in der Welt und formuliert den erkenntnistheoretischen Gegensatz von Materie und Bewußtsein, wonach die Materie das Primäre gegenüber dem Bewußtsein ist. Um mit Heisenberg zu sprechen, verschwindet hier die Körperlichkeit der Materie als Merkmal ganz. Materie ist eine philosophische Kategorie, die es uns ermöglicht, die Beziehung des Menschen zur Wirklichkeit einfach darzustellen. Das ist die theoretische Bedeutung. Aber zugleich faßt dieser Begriff die gesamte bisher entdeckte und die unendliche, nie vollständig zu entdeckende Vielfalt von Beziehungen, Eigenschaften und Prozessen zusammen.

Hier verlief ein ähnlicher Prozeß der Abstraktion, wie ihn Heisenberg im Auge hat. Aber die Formulierung Heisenbergs weist zwei grundlegende Mängel auf. Sie verweist nicht auf die objektiv-reale Existenz des Elementarteilchens, sondern faßt es überhaupt nur als Symbol, und er sieht die Elementarteilchen als die Grundbausteine der Materie an. Die objektiv-reale Existenz der Elementarteilchen zeigt sich eben darin, daß sie eine bestimmte Struktur besitzen oder, wie er selber später hervorhebt, daß keine nackten Teilchen existieren, sondern die Teilchen miteinander in Wechselwirkung stehen, aufeinander einwirken und so ihre Materialität zeigen.

Was verstehen wir unter objektiv-real? Objektiv heißt nichts anderes, als unabhängig vom erkennenden Subjekt, und real, außerhalb vom menschlichen Bewußtsein zu existieren. Dabei ist noch nichts über den wirklichen Erkenntnisprozeß ausgesagt, in dem der Mensch als Einheit von materiellen Vorgängen und seiner Fähigkeit zum Denken die physikalischen Vorgänge verändert, um sie zu erkennen. Hier taucht erst die von Heisenberg immer wieder hervorgehobene prinzipielle Unterscheidung zwischen dem klassischen Weltbild und seinen eigenen Ideen auf. Eben dieses Problem berührt Heisenberg, wenn er schreibt: „Durch diese Entwicklung hat sich allerdings die objektive Welt der Naturwissenschaft in einer merkwürdigen Weise gewandelt. Der Wunsch, die Welt zu beschreiben in einer Weise, bei der von unserem eigenen Denken und Handeln ganz abgesehen werden kann, war entstanden aus der Absicht, die Irrtümer auszuschalten, die etwa durch Sinnestäuschungen oder durch die Ungenauigkeiten unserer Wahrnehmung entstehen könnten. Es sollte ein möglichst genaues Bild der Welt gezeichnet werden. Nun stellt sich heraus, daß sich dieses genauer werdende Bild von [104] der

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

lebendigen Natur immer weiter entfernt. Die Naturwissenschaft handelt nicht mehr von der Welt, die sich uns unmittelbar darbietet, sondern von einem dunklen Hintergrund dieser Welt, den wir durch unsere Experimente ans Licht bringen. Diese objektive Weit wird also doch gewissermaßen erst durch unseren tätigen Eingriff, durch die verfeinerte Technik des Beobachtens hervorgebracht, und insofern stoßen wir auch hier an die unüberschreitbaren Grenzen der menschlichen Erkenntnis.“[98]

Die klassische Auffassung besteht für Heisenberg darin, daß es möglich war, die Dinge an sich zu erkennen, ohne den Meß- und Beobachtungsprozeß in die Betrachtung einbeziehen zu müssen. Die Eigenschaften, die man erkannte, kamen den Dingen direkt zu, unabhängig davon, mit welchen Geräten sie erkannt wurden und welche Wechselwirkungen stattfanden. In der modernen Physik kann man nach Heisenberg nicht mehr vom Denken und Handeln der Menschen absehen, weil jedes Experiment nicht an einem objektiv gleichen Ding erfolgt, sondern das Elementarobjekt beispielsweise beim Photoeffekt als Korpuskel und bei der Beugung als Welle reagiert und umgekehrt. Es ist also in einem Experiment etwas anderes als im anderen, wobei seine Erscheinungsform von der Anordnung des Experiments abhängt. Insofern hat sich der Erkenntnisprozeß der objektiven Realität prinzipiell verändert. Die Beziehung zwischen Theorie und Materie ist komplizierter geworden. Sie ist keine eindeutige und direkte Beziehung mehr. Physikalisches objektives Gesetz und physikalische Theorie, physikalische Objekte und physikalische Theorie als Ausdruck von Materie und Bewußtsein werden in ihren Beziehungen durch Experimente, Hypothesen, Modelle vermittelt. Vor allem kann die komplizierte Struktur der Materie im Bereich der Elementarteilchen nur mit Hilfe komplizierter Experimentiereinrichtungen erkannt werden, die die Elementarteilchen selbst verändern, dabei aber verschiedene Erscheinungsformen der Elementarteilchen offenbaren, welche erst die Grundlage für die theoretische Zusammenfassung bilden.

Wie eng diese erkenntnistheoretischen Probleme bei Heisenberg mit der Frage nach der objektiven Realität verbunden sind, drückt er in seinem Vortrag „Die Einheit des naturwissenschaftlichen Weltbilds“ aus, den er am 26. November 1941 in Leipzig hielt. Dieser Vortrag ist noch von einem Optimismus gekennzeichnet, der später immer mehr abklingt. Es ist die Zeit der Ausarbeitung der Probleme der Quantenmechanik und ihrer Anwendung auf andere Gebiete, die Heisenberg überschaut. So kommt er zu der Feststellung, „daß man wahrscheinlich mit Recht annehmen kann, es sei hier ein Stand der Forschung erreicht, der dem der Himmelsmechanik [105] seit Newton entspricht; es sei möglich, die Eigenschaften der Materie überall dort quantitativ zu berechnen, wo nicht die mathematische Komplikation die praktische Durchführung der Aufgabe hindert“[99]. Die weitere Entwicklung der Elementarteilchentheorie zeigte, daß eine ganze Reihe neuer Probleme mit der Erforschung der Prozesse entsteht, bei denen Zahl und Art der Teilchen sich verändern. Die Probleme der Nukleonenstruktur, des Charakters der Kernkräfte, das Vorhandensein der Resonanzen, die notwendige Klassifizierung der Teilchen und vieles andere haben die Vorstellung vom wesentlichen Abschluß der Theorie zerstört, und Heisenberg steht bei der Bearbeitung der neuen Probleme selbst wieder in der vordersten Reihe.

Die Entwicklung der Wissenschaft steht nie still. Die Struktur der Materie ist so kompliziert, daß jede Theorie schon eine Vereinfachung, die notwendig korrigiert werden muß, darstellt. Dabei treten in der Geschichte des Denkens dann solche Auffassungen idealistischen Charakters auf, die unserem Denken die Fähigkeit überhaupt absprechen, das Wesen der objektiven Prozesse zu erkennen, oder die die Existenz objektiver Prozesse überhaupt leugnen. Gerade die Anerkennung einer objektiven, in ihren Formen und Beziehungen unendlich komplizierten Realität hilft uns aber, die Prophezeiung eines voreiligen Erkenntnisabschlusses zu

[98] Ebenda, S. 64.
[99] Ebenda, S. 79.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

vermeiden. Wenn wir unter Dogmatismus das Festhalten an bereits durch die Entwicklung widerlegten Auffassungen verstehen, dann ist der materialistische Standpunkt von der Unerschöpflichkeit der materiellen Beziehungen stets gegen dogmatische Ansichten gerichtet. Er verlangt, die Grenzen unserer Erkenntnis zu sehen und neue Wege bei der Forschung zu beschreiten, die bisher noch nicht gegangen wurden.

Andererseits zeigt sich die Objektivität der Wahrheit auch darin, daß die mit Hilfe von Experimenten einmal bestätigten Theorien auch weiterhin in dem überprüften Bereich Gültigkeit besitzen. Sie erweisen sich als Grenzfälle umfassender Theorien und werden, wie die klassische Mechanik oder die Elektrodynamik zeigen, in ihren Gültigkeitsbereichen weiter mit Erfolg angewandt.

Das Problem der Objektivität von Beziehungen ist also mit der Unerschöpflichkeit der objektiven Formen, Prozesse und Zusammenhänge und deshalb der stets relativen Erkenntnis der Wirklichkeit und der Erkenntnis objektiver Vorgänge in einem bestimmten Bereich unter bestimmten Bedingungen verbunden. Die Möglichkeit zu dieser Erkenntnis gibt uns der Aufbau der Materie selbst. Wir haben es nicht mit einem Chaos, sondern mit [106] einer hierarchisch aufgebauten Wirklichkeit zu tun, aus deren Hierarchie bestimmte Bereiche ausgesondert und unter bestimmten vereinfachten Bedingungen untersucht werden können. Das war so mit dem Verhalten von Körpern mit großer Masse, die, relativ isoliert, sich mit kleiner Geschwindigkeit gegenüber der Lichtgeschwindigkeit bewegen. Die Bewegung dieser Körper kann exakt und mit Hilfe der Massenpunktmechanik erfaßt werden. Ein anderer Bereich ist die Bewegung der Elementarobjekte, die von der Quantenmechanik erforscht wird, unter Bedingungen, bei denen sich Art und Zahl der Teilchen erhalten. Dabei dringt unsere Erkenntnis immer weiter in die Breite und Tiefe vor. In die Breite geht sie, wenn wir das Verhältnis der klassischen zur Quantenmechanik betrachten, indem die Quantenmechanik neue Objekte, eben die Elementarobjekte, in die Betrachtung einbezieht. Dadurch dringt sie zugleich tiefer in das Wesen der Prozesse ein. Sie erkennt umfassendere Gesetze, für die die Gesetze der klassischen Mechanik nur Grenzfälle darstellen.

Mit der Anerkennung der objektiven Realität sind die erkenntnistheoretischen Probleme, von denen wir einige zu charakterisieren versuchten, noch nicht gelöst. Aber sie ist die Voraussetzung für eine wissenschaftliche Lösung. Alle anderen Versuche idealistischer Art, die objektive Realität verschwinden zu lassen, führen als hemmendes Element für die Erkenntnis den Subjektivismus ein, der das einzige Kriterium für die Wahrheit unserer Erkenntnis, eben die objektive Realität, verschwinden läßt. Deshalb stimmt es bedenklich, wenn Heisenberg in früheren Auffassungen meinte, man müsse als Ergebnis der Entwicklung die objektive Realität der Teilchen aufgeben. Er vermengt hier die erkenntnistheoretische Problematik, die mit der Frage verbunden ist, wie wir die objektiven physikalischen Prozesse in ihrem Wesen erkennen können, mit der anderen Frage, ob sie überhaupt existieren.

Als Hauptverzicht, der sich aus den neuen Ergebnissen der Physik ergibt, formuliert er folgendes: „Doch hat für die Erfüllung dieser Wünsche ein sehr schwerwiegender Verzicht geleistet werden müssen; wenn man es in einer einfachen Formel ausdrücken will: der Verzicht eben auf das naturwissenschaftliche Weltbild des 19. Jahrhunderts; oder genauer: der Verzicht auf die Vorstellung von der Realität, die der Newtonschen Mechanik zugrunde liegt.“[100] Hier wird richtig von der Wirklichkeitsauffassung, die mit der Newtonschen Mechanik verbunden ist, gesprochen. Aber die weiteren Ausführungen werden zeigen, daß in dieser Zeit Heisenberg den Prozeß des Übergangs von einer physikalischen Wirklichkeitsauffassung zur anderen einseitig charakterisiert. Solche Veränderungen unserer Erkenntnisse über [107] die Wirklichkeit wird es immer geben. Sie sind durch zwei Seiten ausgezeichnet. Einerseits wird unsere

[100] Ebenda, S. 79.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Kenntnis von der Struktur der Materie erweitert, indem wir neue Objekte, neue Reaktionsformen, neue Zustände und Prozesse erkennen, die wir bisher nicht voraussagen konnten und die deshalb eine Änderung unserer Strukturauffassung verlangen. So etwa war es mit der Entdeckung des Welle-Korpuskel-Dualismus, der Antiteilchen, der Resonanzen, der Durchbrechung der Erhaltungssätze usw. Andererseits wird dadurch die Erkenntnis der Objekte und ihrer Beziehungen komplizierter. Was der Physiker früher mit dem bloßen Auge und den Händen, dann mit einfachen und später mit komplizierten selbstgebastelten Geräten erkannte, erfordert heute Laboratorien, die mit großen Industriekombinaten vergleichbar sind.

Sich mit den neuen Ergebnissen über die Struktur der Materie befassende Konferenzen erfordern ergänzende Betrachtungen oder andere Tagungen, auf denen über die Geräte berichtet wird, mit denen neue Erkenntnisse erreicht werden sollen.

Diese wesentlichen Veränderungen in unseren Anschauungen über die Materie und ihre Erkenntnis heben den objektiven Charakter der physikalischen Prozesse gerade hervor. Eben weil sie unabhängig und außerhalb von unserem Bewußtsein verlaufen, muß der Mensch immer neue Mittel und Wege finden, um ein Geheimnis der Natur nach dem anderen zu ergründen, ohne dadurch die Unendlichkeit der noch vorhandenen Rätsel in irgendeiner Weise anzutasten.

Wesentlich ist nach Heisenberg, daß die Elementarteilchen nicht mehr unserer anschaulichen Vorstellung im gleichen Maße wie früher zugänglich sind. Auf diese Problematik werden wir im Zusammenhang mit der Rolle der Mathematik eingehen, weil die Unanschaulichkeit gerade mit der mathematischen Erfassung der Wirklichkeit begründet wird.

Das Elementarteilchen hat nach Heisenberg nicht mehr seine Eigenschaften an sich, sondern sie werden durch äußere Eingriffe bestimmt. Zu dieser Frage äußert sich Heisenberg in seinen Gifford-Vorlesungen ausführlich. Dort versucht er dieses Problem mit Hilfe der Begriffe Faktisches und Mögliches exakter zu erfassen. Da damit von Heisenberg ein philosophischer Versuch zur Lösung des erkenntnistheoretischen Problems unternommen wird, werden wir diese Frage im nächsten Abschnitt gesondert behandeln.

Die Kompliziertheit der durch die Quantentheorie aufgedeckten Eigenschaften physikalischer Objekte, die sich im Welle-Korpuskel-Dualismus ausdrückt, versucht Heisenberg mit Hilfe der Bohrschen Komplementaritätsauffassung zu erklären. Das ist eine Problematik, die im Zusammenhang mit der Bewegungs- und Determinismusauffassung gelöst werden muß.

[108] Auch die Quantenmechanik ist ein Beitrag zur Lösung solcher Rätsel und zwingt zu neuen Vorstellungen über die Wirklichkeit. Die letzteren zu charakterisieren ist die Aufgabe, die sich Heisenberg stellte. Er schreibt dazu: „Die Quantentheorie hat nämlich zu dem Ergebnis geführt, daß ein Atom nicht in demselben Sinn ein unserer anschaulichen Vorstellung zugängliches Gebilde ist, wie ein Gegenstand der täglichen Erfahrung. Dem Atom oder richtiger: dem kleinsten Baustein der heutigen Atomphysik, dem Elektron, kommen nach dieser Theorie auch die einfachsten geometrischen und mechanischen Eigenschaften nicht mehr ‚an sich' zu, sondern nur in dem Maße, in dem sie durch äußere Eingriffe der Beobachtung zugänglich gemacht werden. Dabei besteht zwischen verschiedenen beobachteten Eigenschaften des Atoms eine Komplementarität in dem Sinne, daß die Kenntnis der einen Eigenschaft die gleichzeitige Kenntnis einer anderen Eigenschaft ausschließen kann."[101]

Wenn man die Heisenbergsche Auffassung zur Realität der Elementarteilchen untersucht, dann ergibt sich deutlich die Vielschichtigkeit der Problematik, die hinter der Formulierung vom Verschwinden der Realität versteckt ist. Da Heisenberg in dieser Zeit, in den dreißiger und vierziger Jahren, keine klare Haltung zur objektiven Realität der Teilchen einnimmt, wird die

[101] Ebenda, S. 79 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Auseinandersetzung vieler marxistischer Philosophen und Naturwissenschaftler gerade auf diese wesentliche Seite seiner philosophischen Auffassung zugespitzt. Zweifellos erschwert die unklare Haltung zur objektiven Realität die Lösung aller anderen Probleme. Selbst Heisenberg kommt dadurch zu Formulierungen der philosophischen Probleme, die Verwirrung hervorriefen und später auch nicht mehr zu halten waren. Dabei spielt vor allem das Verhältnis zwischen Quantenmechanik und klassischer Mechanik eine Rolle. Wir wissen, daß die Stabilität der Quantenbahnen oder die „stationären Zustände", wie sie Bohr nannte, auch einer der Hauptpunkte waren, die Lorentz zu seinen resignierenden Bemerkungen veranlaßten. Dieses Ergebnis der Quantentheorie ist der Angelpunkt, an dem Heisenberg das Verhältnis von klassischer und Quantenmechanik darzustellen versuchte: „Diese merkwürdige Art der Realität des Atoms oder des Elektrons hat verschiedene wichtige Konsequenzen. Erstens kann das Verhalten des Atoms in vielen Versuchen mit den Begriffen der Mechanik beschrieben werden – es kann etwa von den Bahnen gewisser Teilchen gesprochen werden –, und in diesen Versuchen geben auch die Gesetze der klassischen Mechanik stets eine richtige Darstellung des betreffenden Vorgangs. Man kann also behaupten, daß die Gesetze der klassischen Mechanik auch für die Atomvorgänge überall maß-[109]gebend seien, wo sie überhaupt unmittelbar nachgeprüft werden können. Dann aber gibt es andere Versuche, in denen andere, nichtmechanische Begriffe zur Beschreibung des atomaren Zustandes notwendig sind, etwa Begriffe, die das chemische Verhalten des Atoms ausdrücken; in diesen Fällen kann eine an mechanische Bilder sich anschließende Vorstellung vom Atom nicht gegeben werden, es entsteht hier also gar nicht die Frage, ob die Gesetze der klassischen Mechanik ‚gelten'. Erst durch dieses gegenseitige Sichausschließen der mechanischen und der chemischen Eigenschaften, das in der mathematischen Formulierung der Quantengesetze einen klaren Ausdruck findet, wird Platz geschaffen für die eigenartige unmechanische Stabilität atomarer Systeme, die für das Verständnis des Verhaltens der Materie im großen die Grundlage bildet."[102]

Die Quantenmechanik wird damit zwischen Chemie und klassische Mechanik gestellt. Uns interessiert hier aber vor allem die durch Heisenberg ausgesprochene Möglichkeit der Erfassung von Vorgängen im Atom mit Hilfe der klassischen Mechanik, die er an anderer Stelle dazu benutzt, einen Schnitt zwischen Beobachtungsmittel und Beobachtungsobjekt einzuführen, an dessen Stelle eine unkontrollierbare Wechselwirkung stattfindet. So sagt er über denselben Sachverhalt in einem Vortrag von 1934: „Einerseits sind die experimentellen Fragen, die wir an die Natur richten, stets mit Hilfe der anschaulichen Begriffe der klassischen Physik formuliert und bedienen sich insbesondere der Begriffe von Raum und Zeit der Anschauung; denn wir besitzen ja gar keine andere als diese den Gegenständen unserer alltäglichen Umgebung angepaßte Sprache, mit der wir z. B. den Aufbau der Meßapparate beschreiben könnten, und wir können Erfahrungen nicht anders als in Raum und Zeit machen. Andererseits sind die mathematischen Gebilde, die sich zur Darstellung der experimentellen Sachverhalte eignen, Wellenfunktionen in mehrdimensionalen Konfigurationsräumen, die keine einfache anschauliche Deutung zulassen."[103] Hier ist etwa dieselbe Beziehung zwischen klassischer und Quantenmechanik ausgedrückt, die auch später in seinen Vorträgen immer wieder eine Rolle spielt. Aus ihr zieht er folgenden Schluß: „Aus diesem Zwiespalt ergibt sich die Notwendigkeit, bei der Beschreibung atomarer Vorgänge einen Schnitt zu ziehen zwischen den Meßapparaten des Beobachters, die mit den klassischen Begriffen beschrieben werden, und dem Beobachtungsobjekt, dessen Verhalten durch eine Wellenfunktion dargestellt wird. Während nun sowohl auf der einen Seite des Schnittes, die zum Beobachter fährt, wie auf der anderen, die den Gegen-[110]stand der Beobachtung enthält, alle Zusammenhänge scharf determiniert sind – hier durch die Gesetze der klassischen Physik, dort durch die Differentialgleichungen der Quantenmechanik –, äußert sich die Existenz des Schnittes doch im Auftreten statistischer

[102] Ebenda, S. 80.
[103] Ebenda, S. 11.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Zusammenhänge. An der Stelle des Schnittes muß nämlich die Wirkung des Beobachtungsmittels auf den zu beobachtenden Gegenstand als eine teilweise unkontrollierbare Störung aufgefaßt werden. Dieser prinzipiell unkontrollierbare Teil der Störung, die ja mit jeder Beobachtung notwendig verknüpft ist, wird in mehrfacher Weise wichtig. Einmal ist er der Grund für das Auftreten statistischer Naturgesetze in der Quantenmechanik. Dann führt er zu einer Schranke für die Anwendbarkeit der klassischen Begriffe. Es stellt sich heraus, daß die Genauigkeit, bis zu der klassische Begriffe sinnvoll zur Beschreibung der Natur verwendet werden können, durch die sogenannten Unbestimmtheitsrelationen beschränkt ist.“[104]

Hier wird das Problem der Objektivität direkt mit der Beobachtung verknüpft. Der Schnitt folgt nach Heisenberg aus den Grenzen der Anwendbarkeit klassischer Begriffe und dem Auftreten statistischer Gesetze. Dieser Schnitt zwischen Beobachtungsmittel und Objekt und die damit verbundene prinzipiell unkontrollierbare Störung erklären jedoch nicht das wirkliche Problem. Es vollzieht sich der Übergang vom klassischen Verständnis der physikalischen Prozesse zu einer neuen Wirklichkeitsauffassung, die uns die Kompliziertheit der objektiven Prozesse besser begreifen läßt. Die philosophische Aufgabe besteht nun darin, diese neuen Seiten der Wirklichkeit, die erkannt worden sind, hervorzuheben. Das statistische Verhalten der Elementarobjekte verweist eben auf objektive Eigenschaften der Elementarteilchen. Mit dem Begriff unkontrollierbare Störung bei der Beobachtung wird aber die Aufgabe für die philosophische Analyse nicht gesehen. Diese Aufgabe besteht darin, einerseits den Hinweisen nachzuspüren, die das statistische Verhalten auf die wirkliche Struktur der Elementarteilchen gibt, eine Problematik, deren Lösung von der weiteren Entwicklung der Physik entscheidend beeinflußt wird. Andererseits müssen der Zusammenhang zwischen klassischer und quantenmechanischer Begriffsbildung, die durch die Revision klassischer Grundauffassungen entstandene Situation und der aus der Kompliziertheit der untersuchten Objekte sich ergebende komplizierte Erkenntnisprozeß analysiert werden. Das kann jedoch nicht durch die Einführung einer prinzipiell unkontrollierbaren Wechselwirkung geschehen. Im Gegenteil. Es muß die Frage beantwortet werden, wie wir zu Aussagen über die [111] objektiven Elementarteilchen kommen können. Eben diese Frage macht Heisenberg auch mit der Betrachtung des Verhältnisses von Faktischem und Möglichem später zum Gegenstand seiner philosophischen Analyse.

Heisenberg benutzt den von ihm eingeführten Schnitt auch dazu, die Endgültigkeit der Quantenmechanik und der sich aus ihr ergebenden Folgerungen zu begründen. Er sagt: „Diese Ungenauigkeitsschranke gibt eben den Grad von Freiheit gegenüber den klassischen Begriffen, der nötig ist, um die verschiedenen anschaulichen Bilder, unter denen ein bestimmtes physikalisches Geschehen erscheinen kann – z. B. Partikel und Wellenbild – vernünftig zu verknüpfen. Schließlich sorgt dieser prinzipiell unkontrollierbare Teil der Störung in einer bis ins einzelne verfolgbaren wunderbaren Weise dafür, daß die klassischen und die quantentheoretischen Gesetzesbereiche an der Stelle des Schnittes widerspruchsfrei aneinandergefügt werden können, so daß ein geschlossenes System von Gesetzen entsteht. Entscheidend ist hierbei insbesondere, daß die Lage des Schnittes – d. h. die Frage, welche Gegenstände mit zum Beobachtungsmittel und welche mit zum Beobachtungsobjekt gerechnet werden – für die Formulierung der Naturgesetze gleichgültig ist. Von dieser Einsicht aus kann auch einem Einwand begegnet werden, der gegen die Endgültigkeit der Quantenmechanik mehrfach vorgebracht wurde: es könnte hinter dem von ihr formulierten statistischen Zusammenhang noch ein System deterministischer Naturgesetze für andere uns bisher unbekannte Bestimmungsstücke der Natur verborgen sein, ähnlich wie hinter der Wärmelehre die Boltzmannsche Mechanik der Atome steckt. Eine genaue Untersuchung dieser Hypothese zeigt bald, daß diese neuen Naturgesetze zu Konsequenzen der Quantenmechanik, die streng determiniert sind, in Widerspruch geraten müßten; die Quantenmechanik läßt nirgends Raum für eine Ergänzung ihrer

[104] Ebenda.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Aussagen, denn die einzige Stelle, an der sie Unbestimmtheiten enthält, ist der besprochene ‚Schnitt'. Würde man an irgendeiner durch bestimmte Naturvorgänge definierten Stelle die Unbestimmtheit der Quantentheorie durch Ergänzungen beseitigen wollen, so müßten dadurch, daß man den Schnitt von der genannten Stelle wegverlegt, die Widersprüche zwischen der Quantenmechanik und der versuchten Ergänzung deutlich werden."[105]

Es hat immer wieder Versuche gegeben, eine einfache klassisch-deterministische Ergänzung der Quantenmechanik mit Hilfe verborgener Parameter zu geben. In seinem 1932 erschienenen Buch hatte bereits Johann von Neumann die prinzipielle Bedeutung des statistischen Verhaltens der Elemen-[112]tarobjekte nachgewiesen und gezeigt, daß die Einführung verborgener Parameter in die Quantenmechanik nicht möglich ist.[106]

In dieser Richtung mußte jedoch nicht unbedingt ein Schnitt zwischen Beobachtungsmittel und Beobachtungsobjekt eingeführt werden. Man kann die Ausführungen von Neumann auch so deuten, daß das objektive Verhalten der Elementarobjekte, das von der Quantenmechanik erfaßt wird, zur Statistik führt[107], nicht aber die Ergänzung der Quantenmechanik mit Hilfe verborgener Parameter. Nur die weitere Erforschung der Elementarobjekte und ihrer Reaktionen führt uns in der physikalischen Theorie weiter. Dieser Gedanke spielt bei Heisenberg in den dreißiger Jahren noch keine Rolle. Seine Argumentation ist im wesentlichen bestimmt durch die Gegenüberstellung von klassischer zur Quantenmechanik. So formulierte er auch, indem er den Gedanken von der Anwendung klassischer und quantenmechanischer Begriffe weiter verfolgt: „Man erkennt aus diesem Sachverhalt einerseits die offenbar durch keine neue Erfahrung zu erschütternde Sicherheit und Abgeschlossenheit der klassischen Theorien, die überall dort gelten, wohin ihr Begriffssystem reicht, andererseits die Art und Weise, wie die Natur Platz schafft für die Zusammenhänge ganz anderer Art, indem sie durch die mit jeder Beobachtung notwendig verbundene Störung das vollständige anschauliche Bild des Atoms unserem Zugriff entzieht. Das Atom kann nicht mehr ohne Vorbehalt als ein Ding im Raum, das sich in der Zeit in einer angebbaren Weise verändert, objektiviert werden. Nur die Resultate einzelner Beobachtungen lassen sich objektivieren, aber sie geben nie ein vollständiges anschauliches Bild. Daraus geht hervor, daß die Vorstellung von der Realität, die der Newtonschen Mechanik zugrunde lag, zu eng war und durch etwas Weiteres ersetzt werden muß."[108] Hier wird wieder das bei Heisenberg mit der Objektivität der Elementarobjekte verbundene eigentliche erkenntnistheoretische Problem deutlich. Er stellt die Objektivität der Teilchen in Frage, weil sie bei der Beobachtung in ihrem Verhalten gestört werden. Objektiv wird dabei nicht im philosophischen Sinne als unabhängig vom erkennenden Menschen verstanden, sondern als entsprechend der klassischen Objektauffassung existierend, wie die folgenden Worte Heisenbergs zeigen: „Während es früher das Bestreben der Physik war, die unseren Sinnen zugänglichen Vorgänge als abgeleitet anzusehen und sie durch die Vorgänge im kleinen zu [113] erklären, die Vorgänge im kleinen also als die dahinterstehende objektive Realität zu betrachten, erkennen wir jetzt, daß sich zwar die unseren Sinnen (mit oder ohne Hilfe von Apparaten) zugänglichen Vorgänge objektivieren lassen; damit ist gemeint: Wir können mit Recht behaupten, der von uns beobachtete Vorgang sei objektiv auch so abgelaufen; aber das atomare Geschehen kann nicht immer als objektiver Ablauf in Raum und Zeit dargestellt werden. Erst diese Umkehrung der bisherigen Realitätsordnung, wenn ich so sagen darf, hat es möglich gemacht, das chemische Begriffssystem mit dem der Mechanik widerspruchsfrei zusammenzufügen."[109]

---

[105] Ebenda. S. 11 f.
[106] Vgl. J. v. Neumann, Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik, Berlin 1932.
[107] Zu dieser Problematik wird vom Autor Stellung genommen in: H. Hörz, Atome, Kausalität, Quantensprünge, Berlin 1964, S. 140 ff.
[108] W. Heisenberg, Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft, S. 80.
[109] Ebenda, S. 81.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Es sind in der Auseinandersetzung mit dem klassischen Weltbild immer wieder Bemerkungen bei Heisenberg zu finden, die die klassische Wirklichkeitsvorstellung als überholt bezeichnen. Aber in dieser Periode der Auffassung Heisenbergs von der objektiven Realität, wir meinen die Etappe von der Aufstellung der Quantenmechanik bis zu den vierziger Jahren, finden wir bei ihm noch keine entwickelte philosophische Argumentation zur Lösung der eigentlichen Probleme. Er sieht, daß das Elementarobjekt nicht mehr dem klassischen Objekt entspricht. Jenes ist nicht mehr anschaulich als klassischer Körper im dreidimensionalen Raum und in der absoluten Zeit zu verstehen. Sein Verhalten kann nicht mehr exakt vorausgesagt werden. Man braucht statistische Gesetze, die Wahrscheinlichkeitsaussagen liefern. Aber Heisenberg führt alle diese Probleme noch auf die durch die Beobachtung entstehende nach seiner Meinung unkontrollierbare Störung zurück, die die klassische und die Quantenmechanik verbindet und den statistischen Charakter der Gesetze erklärt.

Erst bei späterer Betrachtung dieser früheren Gedanken kommt Heisenberg besonders in seinen Gifford-Vorlesungen zu einer Erweiterung seiner philosophischen Auffassungen, die zwar immer noch berechtigt gegen die klassische Wirklichkeitsauffassung gerichtet sind und dabei auch noch auf Unverständnis beruhende Angriffe gegen den dialektischen Materialismus enthalten, aber doch jetzt das echte Problem untersuchen: Wie kommen wir zu Aussagen über die Wirklichkeit? Dabei ist zugleich eine interessante antipositivistische Haltung erkennbar.

Wir können noch einmal festhalten, daß sich Heisenberg bei der philosophischen Analyse der Ergebnisse der Quantenmechanik der Tatsache bewußt ist, daß eine Änderung der Wirklichkeitsauffassung erfolgen muß. Die klassische Vorstellung vom physikalischen Objekt erwies sich als einseitig. Heisenberg polemisierte vor allem gegen folgende Seiten: Das klassische Objekt bewegt sich relativ isoliert im dreidimensionalen Raum, wobei eine absolute Zeit existiert. Ort und Impuls des Objekts können gleichzeitig be-[114]stimmt werden, und mit Hilfe der Gesetze der klassischen Physik kann dann das Verhalten des Objekts exakt vorhergesagt werden. Dem widersprechen die Unbestimmtheitsrelationen. Zweitens wandte sich Heisenberg dagegen, daß die Beobachtung keinen Einfluß auf die zu beobachtenden Objekte hätte. Die Beobachtung und der sich aus ihr ergebende Schnitt zwischen Beobachtungsmittel und Objekt bringen eine unkontrollierbare Störung hervor, die es zugleich erlaubt, Quantengesetze und klassische Mechanik zur Beschreibung heranzuziehen. Den Beweis für seine Auffassung sieht Heisenberg in der Wechselwirkung von Quant und Elementarteilchen bei der Beobachtung.

Drittens ruft die klassische Auffassung, daß das Objekt entweder Welle oder Korpuskel sei, den Widerspruch Heisenbergs hervor. Der Welle-Korpuskel-Dualismus war nachgewiesen und damit das Elementarobjekt mit dem klassischen Objekt nicht vergleichbar.

Die Auseinandersetzungen mit diesen veralteten Auffassungen vorn physikalischen Objekt sind Gegenstand vieler Vorträge und Artikel Heisenbergs. Es wird das Ergebnis der Quantenmechanik dargelegt: Die Wechselwirkung eines Elementarteilchens mit einem Lichtquant beeinflußt entscheidend die Bewegung des Teilchens. Der physikalische Zustand ist wesentlich komplizierter, als es die klassische Physik annahm. Der rationelle Kern der Heisenbergschen Auffassung ist die Kritik der klassischen Auffassung, sein Verdienst die Popularisierung neuer Ideen. Der Mangel besteht jedoch in einer unklaren Haltung zur Objektivität der Teilchen, die das wesentliche Problem, nämlich wie wir zu Aussagen über das objektive Verhalten kommen, nicht richtig erkennen läßt. Doch zu dieser Problematik führt uns der folgende Abschnitt.

2. Erkenntnis und Objektivität

Dem Verhältnis von Objektivität und Erkenntnis wendet sich Heisenberg besonders in seinen Gifford-Vorlesungen zu. Er versucht mit Hilfe der Begriffe Faktisches und Mögliches den

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Erkenntnisprozeß genauer zu erfassen.[110] Heisenberg diskutiert die Interpretation eines Experiments mit Hilfe [115] der Quantenmechanik. Während in der klassischen Physik, wenn Ort und Geschwindigkeit eines Planeten experimentell bestimmt in die mathematische Gleichung eingegeben werden, sich die Bahn des Planeten ergibt, ist die Lage in der Quantenmechanik komplizierter. Will man die Bahn eines Elektrons bestimmen, gelten schon bei der Feststellung von Ort und Impuls die Unbestimmtheitsrelationen.

Es ist nur möglich, für das Verhalten des Elementarteilchens in der Quantenmechanik eine solche Wahrscheinlichkeitsfunktion aufzustellen, in die Ergebnisse der Messung eingehen. Über sie schreibt Heisenberg: „Diese Wahrscheinlichkeitsfunktion stellt eine Mischung aus zwei verschiedenen Elementen dar, nämlich teilweise eine Tatsache, teilweise den Grad unserer Kenntnis einer Tatsache. Sie stellt ein Faktum, d. h. eine Tatsache dar, insoweit sie der Ausgangssituation die Wahrscheinlichkeit I, d. h. vollständige Sicherheit, zuschreibt. Es ist völlig sicher, daß das Elektron sich an dem beobachteten Ort mit der beobachteten Geschwindigkeit bewegt hat. Beobachtet heißt dabei allerdings, beobachtet innerhalb der Genauigkeit des Experimentes. Sie stellt den Grad unserer Kenntnis dar, insofern ein anderer Beobachter vielleicht die Lage des Elektrons noch genauer hätte kennen können. Der experimentelle Fehler oder die Ungenauigkeit des Experimentes kann, wenigstens bis zu einem gewissen Grad, nicht als Eigenschaft des Elektrons betrachtet werden, sondern ist ein Mangel in unserer Kenntnis des Elektrons. Auch dieser Mangel an Kenntnis wird durch die Wahrscheinlichkeitsfunktion ausgedrückt.“[111]

Das hier von Heisenberg erkannte subjektive Element in der Erfassung der Wirklichkeit mit Hilfe unserer Begriffe ist ein allgemeines Kennzeichen der Erkenntnis überhaupt. Wenn wir Tatsachen, d. h. objektiv-reale Vorgänge in der Theorie erfassen, so können wir immer nur bestimmte Seiten, die für den zu erfassenden Vorgang wesentlich sind, hervorheben. Durch diese bei der Erkenntnis vorgenommene notwendige Vereinfachung der wirklichen Zusammenhänge ist immer ein gewisses subjektives Element in der Erkenntnis enthalten. Es geht dabei nicht um ein subjektives Element, das durch den einzelnen Menschen hineingetragen wurde, sondern um die notwendige Vereinfachung oder Abstraktion wirklicher Sachverhalte, die durch das gesellschaftliche Bewußtsein vorgenommen werden. Wir verstehen dabei gesellschaftliches Bewußtsein als die höchste Stufe der Erkenntnis von Natur, Gesellschaft und Denken, die zu einem bestimmten Zeitpunkt durch die Arbeit aller Mitglieder der Gesellschaft erreicht wurde. Jeder einzelne Mensch kann seinen Beitrag zu bestimmten Seiten des gesellschaftlichen Be-[116]wußtseins leisten. Außerdem tritt die Frage nach den Beziehungen zwischen individuellem Bewußtsein und verschiedenen Formen des Gruppenbewußtseins, in der Klassengesellschaft und der Übergangsperiode zum Sozialismus nach den Beziehungen zwischen individuellem Bewußtsein, Klassenbewußtsein und gesellschaftlichem Bewußtsein auf. Diese Frage soll uns in ihrer allgemeinen Form hier nicht weiter beschäftigen. Uns interessiert ein wichtiger Teilaspekt der Gesamtproblematik, der auch für die physikalische Erkenntnis wesentlich ist. Heisenberg hat durch die Entwicklung der Quantenmechanik und die Aufstellung der Unbestimmtheitsrelationen einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung der physikalischen Theorien geleistet, der Bestandteil des gesellschaftlichen Bewußtseins ist. In der Etappe der Ausarbeitung der Quantentheorie traten viele Ideen auf, die sich als unfruchtbar für

[110] Wir haben uns bereits in anderen Arbeiten mit diesem Problem auseinandergesetzt. Einige der dabei erwähnten Folgerungen werden hier benutzt:
Vgl. II. Hörz, Bemerkungen zum Begriff des Faktischen in der Kopenhagener Deutung der Quantentheorie. In: „Deutsche Zeitschrift für Philosophie“, 1/1962, S. 75 ff.
Atome, Kausalität, Quantensprünge, S. 211 ff.
Die Entwicklung der Auffassungen von Werner Heisenberg zur objektiven Realität. In: Naturwissenschaft, Tradition, Fortschritt, Beiheft zur Zeitschrift „NTM“, 1963, S. 302 ff.
[111] W. Heisenberg, Physik und Philosophie, S. 29.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

die Weiterentwicklung der Theorie erwiesen. Es ist nun ein Unterschied, ob wir das subjektive Element in einer Theorie betonen, die durch die Experimente bestätigt wurde, oder ob wir eine Hypothese im Auge haben, die sich als unfruchtbar herausstellt, also auch subjektiven Charakter hat, aber in anderem Maße als die bestätigte Theorie.

Die durch Experimente bestätigte Theorie schaltet gewisse subjektive Elemente aus, die im Verhalten des einzelnen Menschen, in seiner Meßgenauigkeit usw. begründet sind. Sie bleibt aber insgesamt eine relative, also angenäherte Widerspiegelung des objektiven Sachverhalts.

Dieses gesellschaftlich bedingte, in der Erkenntnis immer vorhandene Element der Subjektivität spielte auch in den klassischen Theorien eine Rolle. Es ist interessant, daß Born diese Seite zum Nachweis ausnutzte, daß man auch die klassische Mechanik statistisch formulieren müßte. In Wirklichkeit ist jede unserer Aussagen, die wir mit Sicherheit machen, doch mit einer gewissen Unsicherheit behaftet, soweit sie zukünftiges Verhalten oder allgemeine Gesetze betrifft. Wir machen die Aussagen aber so, als ob volle Gewißheit bestünde, solange wir keine triftigen Gegengründe anführen können.[112] Die Konstanz der Masse bei der Bewegung der Körper war eine Aussage, die mit Gewißheit gemacht wurde, solange nicht die relativistische Massenänderung bekannt war. Man hätte nun immer die Aussage so formulieren können: Die Masse eines sich bewegenden Körpers bleibt konstant in dem von uns bisher erforschten Bereich. Die Unsicherheit wäre dann darin begründet, daß zukünftige Experimente diese Aussage für andere Bereiche einschränken können, was ja auch tatsächlich geschah. Die Konstanz der Masse ergibt sich aus der Bedingung, daß die Geschwindigkeit des Körpers sehr klein gegenüber der Lichtgeschwindigkeit sein muß, denn dann kann man [117] das Verhältnis $\frac{v}{c}$ als verschwindend klein betrachten, und es ergibt sich für die Massenveränderung $m = \left(\frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}\right)$ die Konstanz der Ruhemasse.

Das subjektive Element in der klassischen Theorie hat also seine objektive Begründung in der annähernden Konstanz der Masse bei Geschwindigkeiten, die klein gegenüber der Lichtgeschwindigkeit sind. Subjektiv ist die von der Gesellschaft vorgenommene Idealisierung und die Verabsolutierung dieser Aussage, wenn sie sie auf alle Bereiche anwendet. Aber diese Subjektivität wird durch neue Experimente, die die Gültigkeit allgemeiner Aussagen auf bestimmte Bereiche einschränken, korrigiert. In diesem Sinne versteht der Marxismus die Aufdeckung relativer Wahrheiten im Erkenntnisprozeß, die einen Kern absolute, objektive Wahrheit enthalten. Dieser Kern bezieht sich auf die überprüften Bereiche, während die Unsicherheit in der Aussage sich auf nichtbekannte Objekte und Zusammenhänge erstreckt.

In diesem Sinne enthält auch die Quantenmechanik eine Reihe von Ungewißheiten, die nur durch zukünftige Experimente beseitigt werden können. Aber jede zukünftige Theorie kann die Ergebnisse der Quantenmechanik nicht aufheben, sondern muß unter Grenzbedingungen wieder zu ihnen führen. Deshalb kann man auch die Theorie nicht dadurch erweitern, daß man einfach zu klassischen Annahmen zurückkehrt.

Dieses subjektive Element, das objektive Entsprechungen besitzt und in jeder Theorie vorhanden ist, muß man von subjektiven Fehlern einzelner Menschen, Irrtümer usw. unterscheiden. Jede von der Theorie abweichende Messung wird deshalb zuerst daraufhin überprüft, ob ein Meßfehler vorliegen kann. Wenn er nicht vorliegt, dann muß die Theorie erweitert werden, indem neue Faktoren in die theoretische Untersuchung einbezogen werden. Dabei kann die Erklärung solcher Experimente erst nach langer Zeit erfolgen.

[112] Vgl. H. Hörz, Atome, Kausalität, Quantensprünge, S. 121 ff.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

So war z. B. die Spaltung der Spektrallinien im Magnetfeld schon 1896 durch den Holländer Zeemann aufgedeckt worden, als er das Spektrum von Natrium untersuchte. Seine Erklärung erhielt dieser Effekt aber erst mit dem Aufbau der Quantenmechanik.

Die Betonung des subjektiven Elements in der Wahrscheinlichkeitsfunktion ist bei Heisenberg noch kein Subjektivismus, wenn er in die Wahrscheinlichkeitsfunktion auch den Grad unserer Kenntnis eingehen läßt. Er bezieht sich dabei ja auch auf die mögliche exaktere Erkenntnis des Orts der Elektronen. Hier tritt uns das Verhältnis von in der Theorie enthaltenen Gesetzen und ihrer Anwendung im konkreten Erkenntnisprozeß entgegen. Eine Problematik, die uns auch noch weiterhin beschäftigen wird. Was wir bisher über [118] das gesellschaftlich bedingte subjektive Element sagten, bezogen wir auf die Quantenmechanik, also beispielsweise auf die Schrödingergleichung und die Unbestimmtheitsrelationen als formulierte Ausdrücke objektiver Gesetze. Wir hatten hier nur die individuellen subjektiven Auffassungen, die keine Bestätigung durch Experimente gefunden haben, wie beispielsweise das Thomsonsche Atommodell, ausgeschaltet. Nun haben wir es mit der Anwendung der Theorie auf die wirklichen Prozesse zu tun, wobei wiederum das subjektive Element eine Rolle spielen kann. Die von individuellen Subjektivismen befreite Theorie, die den Erkenntnisstand der Gesellschaft über einen bestimmten objektiven Bereich zum Ausdruck bringt und dort eine relativ wahre Widerspiegelung des objektiven Sachverhalts ist, kann in jedem konkreten Fall mehr oder weniger genau angewandt werden. Will man die Wahrscheinlichkeitsfunktion für ein Teilchen bestimmen, dann muß man seine Parameter messen. Diese Art der Messung hat Heisenberg in seinen Gedankenexperimenten immer wieder analysiert. Die Messung kann nur mehr oder weniger genau sein und bestimmt daher auch die Genauigkeit des Endergebnisses. Jedoch ändert sich durch diese subjektive Genauigkeit nichts an dem Wahrheitsgehalt der Theorie. Hier unterscheiden sich aber klassische Auffassung und Quantenmechanik prinzipiell. Diese klassische Auffassung bestand darin, daß man Ungenauigkeiten bei gleichzeitiger Orts- und Impulsmessung prinzipiell überwinden könne, während die Unbestimmtheitsrelationen zeigen, daß dies in der Quantenmechanik wegen der Existenz des Wirkungsquantums prinzipiell unmöglich ist.

Was also in der klassischen Mechanik als subjektiver Fehler bei der Anwendung der Theorie auf die Wirklichkeit angesehen wurde, erwies sich in der Quantenmechanik als wesentlicher Bestandteil der Theorie. Bei der Anwendung der klassischen Theorie auf die physikalischen Objekte war die gleichzeitige Existenz von Ort und Impuls grundlegende Voraussetzung. Alles, was dagegen sprach, konnte bis zur Entdeckung der Quantenobjekte auch wirklich als subjektiver Fehler betrachtet werden, da die mit großer Masse und kleinen Geschwindigkeiten sich bewegenden klassischen Körper die Aufdeckung des Wirkungsquantums *h* nicht ermöglichten. Die Körper wurden als klassische „Korpuskeln“ betrachtet, die exakt lokalisierbar sind.

Für die Quantenmechanik ist jedoch die Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation zwischen Ort und Impuls wesentlich. Im Bereich der jetzt untersuchten Elementarteilchen könnte man den Welle-Korpuskel-Dualismus nicht vernachlässigen. Das, was früher als subjektiver Fehler betrachtet wurde, nämlich die für die klassische Theorie prinzipiell zu beseitigende Orts- und Impulsungenauigkeit, erwies sich als objektive Beziehung, die in der neuen Theorie betrachtet werden mußte. Es zeigte sich, daß man zwar weiterhin [119] bei klassischen Objekten mit gleichzeitiger Orts- und Impulsangabe arbeiten kann, aber nicht mehr bei den Elementarteilchen. So verschwindet die mit der klassischen Auffassung verbundene prinzipielle Aussage von der Gleichzeitigkeit von Ort und Impuls mit dem Anspruch auf Gültigkeit für alle Objekte. Sie bleibt für klassische Objekte bestehen und führt dort zur Beseitigung subjektiver Fehler durch möglichst exakte Messung. In der Quantenmechanik muß dagegen eine neue Meßtheorie entwickelt werden, die die Unbestimmtheitsrelationen berücksichtigt. Unter diesen Voraussetzungen tritt dann auch wieder das Problem der Anwendung der Theorie auf die Wirklichkeit und die Ausschaltung subjektiver Fehler auf.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Über dieses Verhältnis sagt Heisenberg: „Daher erfordert die theoretische Deutung eines Experimentes drei deutlich unterschiedliche Schritte. Im ersten wird die experimentelle Ausgangssituation in eine Wahrscheinlichkeitsfunktion übersetzt. Im zweiten wird diese Funktion rechnerisch im Laufe der Zeit verfolgt. Im dritten wird eine neue Messung am System vorgenommen, deren zu erwartendes Ergebnis dann aus der Wahrscheinlichkeitsfunktion berechnet werden kann. Für den ersten Schritt ist die Gültigkeit der Unbestimmtheitsrelation eine notwendige Vorbedingung. Der zweite Schritt kann nicht in den Begriffen der klassischen Physik beschrieben werden. Es ist unmöglich, anzugeben, was mit dem System zwischen der Anfangsbeobachtung und der nächsten Messung geschieht. Nur im dritten Schritt kann wieder der Wechsel vom Möglichen zum Faktischen vollzogen werden.“[113]

Heisenberg erläutert diese drei Schritte an einem Gedankenexperiment, nämlich der Beobachtung der Bahn eines Elektrons um den Atomkern mit Hilfe eines Mikroskops. Die dabei auftretenden technischen Schwierigkeiten können daher unberücksichtigt bleiben. Das Mikroskop müßte natürlich γ-Strahlen benutzen. Der erste Schritt ist nun die Übersetzung der Beobachtung in eine Wahrscheinlichkeitsfunktion. Durch die Einwirkung des γ-Strahls auf das Elektron ist die Unbestimmtheitsrelation erfüllbar. Da das Elektron schon durch das erste Quant aus dem Atom herausgeschlagen wird, zeigt der zweite Schritt, die rechnerische Verfolgung der Wahrscheinlichkeitsfunktion, die Bewegung des Elektrons weg vom Atom. Wir haben also mit der Beobachtung nur einen Punkt der Elektronenbahn feststellen, aber nicht die Bahn beobachten können. Heisenberg fährt nun fort: „Die nächste Beobachtung, der dritte Schritt, wird also das Elektron auf seiner Bahn vom Atom weg zeigen. Es ist ganz allgemein unmöglich, anschaulich zu beschreiben, was zwischen zwei aufeinanderfolgenden Beobachtungen geschieht. Natürlich ist man versucht zu sagen, das Elektron müsse zwischen den beiden Beobachtungen [120] irgendwo gewesen sein, und es müsse irgendeine Art von Bahn oder Weg beschrieben haben – selbst wenn es etwa unmöglich sein sollte, diesen Weg festzustellen. So könnte man in der klassischen Physik vernünftigerweise argumentieren. In der Quantentheorie aber würde es sich dabei um einen Mißbrauch der Sprache handeln, der, wie wir später sehen werden, nicht gerechtfertigt werden kann. Wir können es hier für den Augenblick offenlassen, ob es sich bei dieser Warnung um eine Aussage über die Art handelt, wie wir über Atomvorgänge sprechen sollen, oder um eine über diese Vorgänge selbst, ob es sich gewissermaßen um Erkenntnistheorie oder um Ontologie handelt. Jedenfalls müssen wir bei der Formulierung einer Aussage, die sich auf das Verhalten atomarer Teilchen bezieht, äußerste Vorsicht üben.“[114]

Heisenberg warnt hier davor, einfach mit unseren klassischen Vorstellungen das Geschehen zwischen zwei Beobachtungen erklären zu wollen. Der klassische Bahnbegriff würde das ständige gleichzeitige Vorhandensein von Ort und Impuls des sich auf einer Bahn bewegenden Teilchens verlangen. Wir wissen aber, daß das Teilchen nicht gleichzeitig Ort und Impuls besitzt. Es verhält sich nach der Beobachtung schon deshalb nicht nach den klassischen Gesetzen, weil wir die Unbestimmtheitsrelation dabei berücksichtigen müssen. Wir verfolgen nun nicht konkret die Bahn des Teilchens, sondern unsere Theorie liefert uns ein Ergebnis für das spätere Verhalten des Teilchens in Form einer Wahrscheinlichkeitsaussage, die wir bei einer späteren Beobachtung überprüfen können. Da unsere Wahrscheinlichkeitsaussage auch von der Genauigkeit unserer Messung abhängt, gibt die Theorie, nach der wir das Verhalten der Wahrscheinlichkeitsfunktion berechnen, keine Aussage über das wirkliche Verhalten des konkreten Teilchens zwischen den zwei Beobachtungen.

Zweifellos ist diese Darstellung Heisenbergs konsequent in bezug auf das Verhältnis Theorie und Wirklichkeit. Man könnte die Frage aber auch so stellen: Wenn unsere Theorie richtige

[113] W. Heisenberg, Physik und Philosophie, S. 30.
[114] Ebenda, S. 31 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Aussagen für das Verhalten der Elementarobjekte liefert, was muß man dann über die neue Struktur der physikalischen Objekte, über ihr Verhalten zwischen den Beobachtungen usw. schließen?

Das ist nicht gleichzusetzen mit der Frage: Was geschieht im einzelnen Vorgang zwischen zwei Beobachtungen? Diese Frage hemmt nach Heisenbergs Meinung das Verständnis des Problems: „Ein Hemmnis für das Verständnis dieser Deutung ergibt sich allerdings stets, wenn man die bekannte Frage stellt: Aber was geschieht denn ‚wirklich' in einem Atomvorgang? Zunächst ist schon vorher gesagt worden, daß man die Messung und die Er-[121]gebnisse der Beobachtung stets in den Begriffen der klassischen Physik beschreiben muß. Was man aus der Beobachtung entnimmt, ist aber eine Wahrscheinlichkeitsfunktion, also ein mathematischer Ausdruck, der Aussagen vereinigt über ‚Möglichkeiten' oder ‚Tendenzen' mit Aussagen über unsere Kenntnis von Tatsachen. Daher können wir das Ergebnis einer Beobachtung nicht vollständig objektivieren. Wir können nicht beschreiben, was zwischen dieser Beobachtung und der nächsten ‚passiert'. Es sieht zunächst so aus, als hätten wir damit ein subjektives Element in die Theorie eingeführt, so als wollten wir sagen: das, was geschieht, hängt davon ab, wie wir das Geschehen beobachten, oder wenigstens von der Tatsache, daß wir es beobachten. Bevor wir diesen Einwand erörtern, ist es notwendig, ganz genau zu erklären, warum man in die allergrößten Schwierigkeiten geriete, wenn man versuchen wollte, zu beschreiben, was zwischen zwei aufeinanderfolgenden Beobachtungen geschieht."[115]

Zweifellos können wir nicht das Verhalten einzelner Elementarteilchen zwischen zwei Beobachtungen erkennen, solange wir im Bereich der Quantenmechanik bleiben. Es kann auch nicht die Aufgabe der Wissenschaft sein, das Verhalten eines bestimmten einzelnen Teilchens dabei zu erforschen. Einerseits müssen uns aber die quantenmechanischen Gesetze helfen, unsere Wirklichkeitsauffassung zu bestimmen, und andererseits muß die physikalische Forschung die Gesetze des inneren Mechanismus untersuchen, der das Verhalten der Elementarteilchen zwischen zwei Beobachtungen bestimmt. Nicht um eine Beschreibung des einzelnen Vorgangs geht es dabei, sondern um die heute von der Elementarteilchentheorie in Angriff genommene theoretische Erfassung der Wechselbeziehungen der Elementarteilchen untereinander, unabhängig von der Beobachtung.

Entscheidend für das Verständnis der Heisenbergschen Interpretation ist seine Auffassung von der Wahrscheinlichkeitsfunktion: „Die Wahrscheinlichkeitsfunktion vereinigt objektive und subjektive Elemente. Sie enthält Aussagen über Wahrscheinlichkeiten oder besser Tendenzen (Potentia in der aristotelischen Philosophie), und diese Aussagen sind völlig objektiv, sie hängen nicht von irgendeinem Beobachter ab. Außerdem enthält sie Aussagen über unsere Kenntnis des Systems, die natürlich subjektiv sein müssen, insofern sie ja für verschiedene Beobachter verschieden sein können. In besonders günstigen Fällen kann das subjektive Element in der Wahrscheinlichkeitsfunktion gegenüber dem objektiven Element ganz vernachlässigt werden. Die Physiker sprechen dann von einem ‚reinen Fall'."[116] Über diese Seite des Verhältnisses von Subjektivem und Objektivem hatten wir schon [122] gesprochen. Die Ausschaltung von eventuellen Meßungenauigkeiten würde den „reinen" Fall ausmachen.

Die nächste Beobachtung, die nun über die Richtigkeit unserer Voraussage entscheiden soll, bringt eine Wechselwirkung zwischen Objekt und Gerät mit sich. Da das Gerät in der klassischen Physik beschrieben wird, gehen hier alle Unsicherheiten bezüglich der mikroskopischen Struktur der Meßordnung ein. Über diese Unsicherheiten meint Heisenberg: „Diese Unsicherheiten kann man objektiv nennen, insofern sie ja einfach die Folge davon sind, daß wir das Experiment in den Begriffen der klassischen Physik beschreiben; sie hängen in den Einzel-

[115] Ebenda, S. 33 f.
[116] Ebenda, S. 36.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

heiten nicht vorn Beobachter ab. Man kann sie subjektiv nennen, insofern sie unsere unvollständige Kenntnis der Welt bezeichnen.“[117]

Da die Wahrscheinlichkeitsfunktion nach Heisenberg das objektive Element der Tendenz und das subjektive Element der unvollständigen Erkenntnis enthält, kann das Ergebnis der Beobachtung nie exakt vorausgesagt werden. Nach Heisenberg beschreibt deshalb die Wahrscheinlichkeitsfunktion, „wenigstens hinsichtlich des Beobachtungsprozesses, eine Gesamtheit von möglichen Vorgängen“[118]. Bei der Beobachtung ändert sich die Wahrscheinlichkeitsfunktion. Heisenberg geht nun auf den Übergang vom Möglichen zum Faktischen ein und schreibt: „Der Übergang vom Möglichen zum Faktischen findet also während des Beobachtungsaktes statt. Wenn wir beschreiben wollen, was in einem Atomvorgang geschieht, so müssen wir davon ausgehen, daß das Wort ‚geschieht‘ sich nur auf die Beobachtung beziehen kann, nicht auf die Situation zwischen zwei Beobachtungen. Es bezeichnet dabei den physikalischen, nicht den psychischen Akt der Beobachtung, und wir können sagen, daß der Übergang vom Möglichen zum Faktischen stattfindet, sobald die Wechselwirkung des Gegenstandes mit der Meßanordnung und dadurch mit der übrigen Welt ins Spiel gekommen ist. Der Übergang ist nicht verknüpft mit der Registrierung des Beobachtungsergebnisses im Geiste des Beobachters. Die unstetige Änderung der Wahrscheinlichkeitsfunktion findet allerdings statt durch den Akt der Registrierung; denn hier handelt es sich um die unstetige Änderung unserer Kenntnis im Moment der Registrierung, die durch die unstetige Änderung der Wahrscheinlichkeitsfunktion abgebildet wird.“[119]

Mit dem Übergang vom Möglichen zum Faktischen während des Beobachtungsaktes versucht Heisenberg das aufgetretene Problem zu lösen, wie wir zu Aussagen über die Elementarteilchen kommen. Das Mögliche ist für ihn [123] die Tendenz, die in der Wahrscheinlichkeitsfunktion für das Verhalten des physikalischen Objekts festgehalten ist. Das Faktische ist das durch den Beobachtungsakt erzwungene Verhalten. Während sich aus der Wahrscheinlichkeitsfunktion eine Reihe von verschiedenen Verhaltensweisen ergeben, ist im Beobachtungsakt das Teilchen gezwungen, eine der Möglichkeiten zu verwirklichen. Heisenberg wendet sich gegen den Subjektivismus, indem er auf die Wechselwirkung Objekt und Gerät verweist, die nicht abhängig von der Registration im Bewußtsein ist.

Das Verhältnis von Objektivität und Erkenntnis wird von Heisenberg einseitig für den Beobachtungsakt behandelt. Er meint, über die zwischen den Beobachtungen vor sich gehenden Ereignisse könne man keine Aussagen machen. Hier wird jedoch eine klassische Auffassung der Erkenntnis zugrunde gelegt, die besagen würde, eine Aussage über das Teilchen zwischen den Beobachtungen umfaßt eine Extrapolation aus den verschiedenen beobachteten Bahnpunkten auf die Bahnkurve. Wir wissen aber, daß das Teilchen keine klassische Bahnkurve besitzt, sondern sich in neuer Weise verhält. Was Heisenberg eigentlich ausdrückt, ist, daß das Teilchen sich unbeobachtet nicht mehr in klassischer Weise verhalten kann. Dagegen sprechen die beobachteten Ergebnisse. Die Wahrscheinlichkeitsfunktion ist nun keine direkte Beschreibung des Verhaltens zwischen zwei Beobachtungen. Damit fällt auch die einfache Entsprechung zwischen dem Verhalten des Objekts in jedem Zeitpunkt und dem entsprechenden Gesetz, das dieses Verhalten direkt erfaßt. Die theoretische Umsetzung des wirklichen Sachverhalts ist komplizierter geworden, was zur notwendigen Erweiterung unserer Auffassung der Anschaulichkeit führen muß, wie wir im nächsten Abschnitt sehen werden.

Müssen wir wegen dieser Kompliziertheit zwischen Theorie und Wirklichkeit nun bei der Registrierung des Objektverhaltens während der Beobachtung stehenbleiben, also den Übergang vom Möglichen zum Faktischen als Grundlage der Erkenntnis nehmen? Soviel steht fest,

[117] Ebenda.
[118] Ebenda, S. 37.
[119] Ebenda, S. 37 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

daß wir ohne Registrierung der Ergebnisse überhaupt nichts erkennen können. Damit ist die von Heisenberg untersuchte Beziehung des Objekts während der Beobachtung der Ausgangspunkt der Erkenntnis, der uns das Material zur Verallgemeinerung liefert. Gerade das war es ja, was Heisenberg und Schrödinger mit der Aufstellung der Quantenmechanik bewirkten. Sie suchten die allgemein-notwendigen und wesentlichen Seiten im Verhalten der Elementarobjekte aufzudecken und ihre Gesetze in einer geschlossenen Theorie darzustellen. Damit tritt aber nicht mehr das Problem auf, wie man das einzelne Objekt in seinem Verhalten zwischen zwei Beobachtungen beschreibt, sondern wir haben die Gegenüberstellung von der Theorie und von der Ge-[124]samtheit der in ihr erfaßten wesentlichen und allgemein-notwendigen Beziehungen der Elementarobjekte. Das wäre die Seite des Erkenntnisprozesses, die die Widerspiegelung des Wesens der objektiven Prozesse in der Theorie betrifft. Dann haben wir auch die andere Seite, nämlich die Anwendung der Theorie auf den einzelnen Prozeß. Wie wir gesehen haben, spielen in beiden Beziehungen subjektive Elemente eine Rolle. In der ersten, durch Experimente bestätigten Theorie ist es das historisch bedingte subjektive Element unserer begrenzten Erkenntnis, sie vermittelt uns relative Wahrheiten über bestimmte Bereiche der Wirklichkeit, und in der zweiten sind es die durch den Experimentator bedingten subjektiven Mängel.

Dabei gehen wir bereits von der existierenden Theorie aus. Wir müssen jedoch zuerst noch auf einige allgemeine Merkmale des Erkenntnisprozesses bei der Entstehung der Theorie eingehen. Grundlage für neue Erkenntnisse sind neue Experimente oder neue theoretische Voraussagen. Genaugenommen sind beide miteinander gekoppelt. So ergab die Untersuchung der Hohlraumstrahlung durch Planck die theoretische Vorhersage der Existenz des Wirkungsquantums. Bei der Durchführung von Experimenten tritt uns nun die ganze Kompliziertheit des Erkenntnisprozesses mit seiner Einheit von objektiven und subjektiven Elementen entgegen. So wird im Experiment die Anordnung der verschiedenen Geräte vom Experimentator getroffen. Dabei hängt es von seiner Geschicklichkeit und seiner Aufmerksamkeit ab, ob es ihm gelingt, in der Natur ein neues Geheimnis aufzudecken. Durch die Anordnung des Experiments wird das objektive Verhalten des zu untersuchenden Prozesses in bestimmter Richtung vom Menschen gelenkt. Nehmen wir als Beispiel die Streuung von Röntgenstrahlen an Kristallen. Die Strahlungsquelle, die Kristalle und das Registriergerät sind vom Menschen angeordnet. Das Verhalten der Röntgenstrahlen ist ihm nicht von vornherein bekannt. Eben um es zu erkennen, unterwirft er den objektiven Strahlungsprozeß bestimmten einschränkenden Bedingungen, die die Beobachtung von bestimmten Effekten ermöglichen. Der Experimentator will eine Beugung der Strahlen an Kristallen erreichen und sieht an der Photographie, daß sie wirklich gebeugt wurden. Auch die Registrierung wird von ihm vorgenommen. Nun sind für Anordnung, gelenkten Ablauf und Messung im Experiment auch die bisherigen theoretischen Erkenntnisse maßgebend. Die Theorie der Geräte muß bekannt sein, sonst würden die Beobachtungen völlig sinnlos sein; weil man nicht wüßte, was eigentlich aus dem Experiment herauskommen kann.

In philosophischer Ausdrucksweise liegt hier die Beziehung zwischen Wesen und Erscheinung vor. Lenin sagte zu dieser Problematik: [125]

„1. Die Dinge existieren unabhängig von unserem Bewußtsein, unabhängig von unserer Empfindung, außer uns; denn es ist unbestreitbar, daß Alizarin auch gestern im Kohlenteer existierte, und es ist ebenso unbestreitbar, daß wir gestern von dieser Existenz nichts wußten und keinerlei Empfindungen von diesem Alizarin hatten.

2. Zwischen der Erscheinung und dem Ding an sich gibt es absolut keinen prinzipiellen Unterschied, und es kann einen solchen nicht geben. Einen Unterschied gibt es nur zwischen Erkanntem und noch nicht Erkanntem. Die philosophischen Spitzfindigkeiten über besondere Grenzen zwischen dem einen und dem anderen, darüber, daß das Ding an sich ‚jenseits' der

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Erscheinungen liege (Kant) oder daß man sich von der Frage nach der Welt, die in diesem oder jenen Teil noch nicht erkannt ist, aber doch außer uns existiert, durch eine philosophische Scheidewand abgrenzen kann und abgrenzen muß (Hume) – das alles ist purer Unsinn, eine ‚Schrulle', ein Hirngespinst.

3. In der Erkenntnistheorie muß man, ebenso wie auf allen anderen Gebieten der Wissenschaft, dialektisch denken, d. h. unsere Erkenntnis nicht für etwas Fertiges und Unveränderliches halten, sondern untersuchen, auf welche Weise das Wissen aus Nichtwissen entsteht, wie unvollkommenes, nicht exaktes Wissen vollkommener und exakter wird."[120]

Diese Charakterisierung der erkenntnistheoretischen Fragestellung trifft auf die von uns untersuchte Problematik zu. Auch bei der Untersuchung der Röntgenstrahlbeugung an Kristallen muß man wie bei jedem anderen Experiment sagen, daß der objektive Prozeß nicht erst in dem Moment entsteht, wo wir ihn beobachten. Er existiert unabhängig von unserem Bewußtsein, aber der Findigkeit des menschlichen Geistes ist es zu verdanken, wenn er entdeckt wird. Deshalb ist die richtige Frage nicht die nach dem Ding an sich, sondern nach dem, was wir bisher noch nicht erkannt haben. Die Aufgabe der Forschung besteht darin, neue Bereiche der objektiven Realität zu erschließen. Dabei taucht die auch von Heisenberg untersuchte Fragestellung auf, wie aus Nichtwissen über das Verhalten der Elementarobjekte Wissen entsteht.

Unter Erscheinung verstehen wir das aus der Einwirkung eines Dinges oder Prozesses auf ein anderes Ding oder einen anderen Prozeß entstehende Verhältnis, wobei das eine Ding oder der Prozeß dem anderen erscheint. Dieses Verhältnis ist objektiv, weil unabhängig vom Willen der Menschen in seinen Auswirkungen und Ergebnissen. Das Wesen eines Dinges oder Prozesses sind die inneren, relativ beständigen, den Charakter des Prozesses bestimmenden Beziehungen. Davon gibt es eine Vielzahl, die sich in einer [126] bestimmten Beziehung in wesentliche und unwesentliche aufspalten. Für die von Heisenberg im Gedankenexperiment durchgeführte Ortsmessung eines Elementarteilchens ist bei der Benutzung von kurzwelligem Licht die Korpuskeleigenschaft des Lichtes wesentlich, die den Ort genau bestimmen läßt, aber zu einem Comptonrückstoß führt und damit zu einer Impulsunbestimmtheit. Die Welleneigenschaften des Lichts sind in diesem Prozeß unwesentlich. Nimmt man jedoch langwelliges Licht, dann werden gerade die Welleneigenschaften wesentlich, denn das Licht wird am Teilchen gebeugt, und wir erhalten eine Ortsungenauigkeit. Dagegen sind in diesem Fall die Korpuskeleigenschaften unwesentlich, denn der durch sie hervorgerufene Comptonrückstoß kann vernachlässigt werden. Jedoch gehören beide Eigenschaften zum Wesen des Elementarobjekts.

Der Unterschied zwischen der klassischen Auffassung vom Erkenntnisprozeß und der dialektisch-materialistischen, die mit der Quantentheorie übereinstimmt, besteht darin, daß in der klassischen Auffassung dieser Unterschied zwischen Wesen und Erscheinung vernachlässigt wurde. Zwar wurde man mit diesem Verhältnis konfrontiert, als es aus dem Experiment heraus durch Abstraktion gelingen mußte, ein Gesetz zu finden. Aber jede Erscheinung vermittelte unmittelbar das Gesetz. So konnte man für jedes klassische Objekt die klassischen Bewegungsgleichungen anwenden. Je komplizierter die Objekte aber sind, desto vielfältiger sind ihre Erscheinungsformen. Jede Erscheinung bringt ein Moment des Wesens, eine wesentliche Seite zum Ausdruck, aber nicht das gesamte Wesen. Um komplizierte Objekte zu erkennen, braucht man deshalb eine Vielzahl von Erscheinungen verschiedener Art, die verschiedene Momente des Wesens zeigen.

Diese allgemeine Dialektik des Erkenntnisprozesses trifft auf alle komplizierten Erscheinungen zu. Nehmen wir nur einmal die vielfältigen Beziehungen, in die ein Mensch gestellt werden kann. Überall wird er ein Moment seines Wesens, seines Charakters offenbaren. Es wäre einseitig, wollte man auf das Wesen aus einer Erscheinung allein schließen.

[120] W. I. Lenin, Materialismus und- Empiriokritizismus, a. a. O., S. 96.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Aber es soll uns hier nicht um den Nachweis der Allgemeingültigkeit dieser dialektischen Beziehungen gehen.[121] Das Elementarobjekt (Teilchen und Strahlung) ist komplizierter als das klassische Objekt. Es offenbart zwei Gruppen wesentlicher Erscheinungen in zwei verschiedenen Arten von Experimenten, nämlich Wellen- und Korpuskeleigenschaften. Die Zukunft wird uns noch mit komplizierteren Erscheinungen konfrontieren, die noch mehr wesentliche Eigenschaften besitzen, die man aus verschiedenen Experimenten erkennen muß? Während also die klassische Theorie aus einer Vielzahl [127] von Erscheinungen bei den Körpern immer wieder als Wesentliches die in der klassischen Mechanik festgehaltenen Korpuskeleigenschaften oder bei den Wellen die in der Wellentheorie erfaßten Welleneigenschaften erkannte, erwiesen sich bei den Quantenobjekten beide sich widersprechenden Eigenschaften als wesentliche Seiten derselben Objekte.

Es kompliziert sich also die Erkenntnis mit dem Übergang zur Untersuchung komplizierterer Objekte. Kommen wir jetzt wieder zur Betrachtung der objektiven und subjektiven Elemente im Experiment zurück. Es zeigt sich, daß es die Aufgabe des Experimentators ist, die Anordnungen der Experimente so zu treffen, daß wesentliche Erscheinungen als Beobachtungsresultate zu erwarten sind. Dem Menschen kann sich das Wesen der objektiven Prozesse nur erschließen, wenn er verschiedene Erscheinungen, die alle ein Moment des Wesens zum Ausdruck bringen, beobachten und analysieren kann. Die Aufgabe des Wissenschaftlers bei der theoretischen Analyse experimenteller Ergebnisse besteht in der Hervorhebung der wesentlichen Seite. Dazu bedarf es großer theoretischer Kenntnisse, exakter Messungen und der Fähigkeit, das Wesentliche zu erkennen. Lenard trug Röntgen zeitlebens nach, daß es diesem gelang, die Röntgenstrahlen zu entdecken, obwohl er mit denselben Geräten arbeitete, ohne auf die Strahlen aufmerksam zu werden.

Subjektive Elemente im Experiment sind also, wie schon betont, die Anordnung, die Richtung des Ablaufs des zu untersuchenden Prozesses, die Messung und die Deutung der Messung. Jedoch wirken im Experiment objektive Gesetze. Das sind die in der Theorie bereits erfaßten objektiven Gesetze in bezug auf Geräte und Teile des Ablaufs des Prozesses und die noch nicht erkannten Gesetze des zu untersuchenden Prozesses. Das Ergebnis des Experiments ist nicht vom Beobachter abhängig. Das Experiment ist ein objektiver Analysator, der vom Menschen benutzt wird, um aus einer Vielzahl objektiver Beziehungen bestimmte Verhältnisse herauszuschälen, die ihm Aufschluß über das Wesen des Prozesses überhaupt geben. Dabei muß die Mehrheit der Beziehungen bekannt sein, und nur eine Frage darf offen sein, die das Experiment beantworten soll. Da durch das Einwirken des Menschen im Experiment der objektive Vorgang vereinseitigt wird und lediglich in dem vom Experimentator gewünschten Bahnen abläuft, muß in der Theorie diese Vereinseitigung soweit wie möglich aufgehoben werden, indem eine Vielzahl von experimentellen Ergebnissen verallgemeinert wird.

Die Theorie ist die Synthese der durch die Analyse gewonnenen Ergebnisse. Da das Ergebnis des Experiments vom Experimentator unabhängig ist, kann das Experiment als relatives Kriterium zur Überprüfung der Wahrheit unserer Theorien benutzt werden. Dabei ist es notwendig, durch die gesellschaftliche Erfahrung zu überprüfen, ob dem Experiment bestimmte [128] Meßungenauigkeiten anhaften, ob die theoretischen Verallgemeinerungen richtig erfolgt sind und ob keine unberechtigten Voraussetzungen in das Experiment eingegangen sind.

Das Verhältnis von Theorie und Wirklichkeit ist also eine komplizierte Beziehung, die durch den Menschen vermittelt wird, der Geräte, Hypothesen, Modelle, Experimente usw. ausnutzt, um zu einer wahren Theorie über die Wirklichkeit zu kommen. Er kann es, da er nicht nur das Experiment beschreibt, sondern aus dem Ergebnis des Experiments das objektive Moment des Wesens physikalischer Prozesse herausanalysiert. Hat seine Theorie genügend viele Seiten der

121 Vgl. dazu H. Hörz, Der dialektische Determinismus in Natur und Gesellschaft, Berlin 1966[2].

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

objektiven Prozesse berücksichtigt, dann ergibt sie ein relativ richtiges Abbild der Wirklichkeit, dann ist sie Bestandteil des gesellschaftlichen Bewußtseins geworden.

Nun tritt die zweiseitige Beziehung der bestätigten Theorie zur Wirklichkeit auf. Einmal die von Heisenberg in den dreißiger und vierziger Jahren praktizierte Anwendung der Quantenmechanik auf neue Gebiete und auf konkrete Prozesse und zum anderen die Interpretation der Theorie auf ihre neue Wirklichkeitsauffassung hin. Bei der Anwendung der Quantenmechanik auf einzelne Prozesse, meint Heisenberg, können wir keine Aussagen mehr darüber machen, was zwischen zwei Beobachtungen geschieht. Damit drückt er aus, daß zwischen zwei beobachteten Erscheinungen eine Vielzahl anderer Erscheinungen möglich wäre, die wir nicht beobachtet haben und deshalb nicht beschreiben können. Das ist richtig. Diese Lücke wird aber einerseits ausgefüllt durch die Erfassung des Wesens in der Theorie, während sie andererseits den Raum für bisher noch nicht bekannte Erscheinungen läßt.

Diese Beziehung von Wirklichkeit und Theorie ist nicht direkt und unmittelbar, sondern über die Handlungen des Menschen vermittelt. Die Theorie liefert keine Beschreibung des objektiven Verhaltens einzelner Prozesse, sondern deckt die wesentlichen Beziehungen auf. In dieser Richtung zeigte die Quantentheorie wesentliche neue Züge der Wirklichkeitsauffassung, die sich vom klassischen Denken unterschieden. Das waren vor allem der Welle-Korpuskel-Dualismus und das statistische Verhalten der Elementarobjekte. Vor allem wurde aber für den Physiker die Kompliziertheit des Erkenntnisprozesses deutlich. Der Welle-Korpuskel-Dualismus existiert objektiv. Das statistische Verhalten der Elementarobjekte verweist auf den komplizierten Mechanismus der Wechselwirkung der Teilchen, der weiter erforscht werden muß. Unsere Erkenntnis hebt also die vereinfachten klassischen Objektvorstellungen auf und setzt an ihre Stelle neue.

Wir kommen damit zu Aussagen über die objektiv-realen Elementarobjekte und können die Quantenmechanik unter den Bedingungen für ihre Gültigkeit auch auf bisher nicht beobachtete Teilchen anwenden. Für Heisen-[129]berg wird diese ganze Problematik des Erkenntnisprozesses nicht voll deutlich, da er die objektiv-realen Erscheinungen, in denen sich das Wesen ausdrückt, auf die beobachteten Erscheinungen reduziert, eben auf das Faktische. Wenn wir jedoch die in der beobachteten Erscheinung zum Ausdruck kommenden wesentlichen Momente in unserer Theorie richtig erfaßt haben, dann sind das auch die wesentlichen Momente für die unbeobachteten Erscheinungen gleicher Art. Die Scheu davor, diese Beziehung zwischen beobachteten und unbeobachteten Erscheinungen herzustellen, hat ihren Grund meist darin, daß wir damit die Grenze zwischen Bekanntem und Nicht-Bekanntem verwischen könnten. Zweifellos würde eine Dogmatisierung bisher erkannter relativ wahrer Theorien das subjektive Element, eben die historische Beschränktheit unserer Erkenntnis verabsolutieren, wogegen sich der dialektische Materialismus wenden muß. Für ihn ist die Erkenntnis immer unabgeschlossen, nie absolut und vollendet. Deshalb bieten die nicht-beachteten Erscheinungen stets neue Überraschungen, die die Erweiterung oder Veränderung der bestehenden Theorie verlangen. Dabei sind die neuen Ergebnisse deshalb neu, weil sie nicht vorausgesagt werden können. Es kann nur die Richtung angegeben werden, in der zu forschen ist. Ob sich die dabei ausgesprochenen Hypothesen bestätigen, unterliegt der Experimentalforschung, die den Beweis dafür liefern muß. Es spricht für die Tragfähigkeit der physikalischen Theorie, daß sie viele wesentliche Ergebnisse wie die Antiteilchen, das Neutrino, das Omegaminus-Hyperon u. a. voraussagte. Man muß also vor voreiligen Extrapolationen aus Theorien warnen, ihnen den Charakter von Hypothesen zusprechen. Zugleich führt jedoch die Überzeugung von der Existenz objektiver Gesetze zur Ausdehnung erkannter Beziehungen auf nicht-beobachtete Erscheinungen im Rahmen der überprüften Bedingungen. Offensichtlich ist ja der Ablauf eines objektiven Prozesses im Experiment zwar nicht mit dem natürlichen Ablauf zu vergleichen, wo es keine künstlichen Quellen, Blenden, Photoplatten usw. gibt. Aber diese Erkenntnismittel stehen in Wechselwirkung mit dem Erkenntnisobjekt auch auf Grund objek-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

tiver Gesetze. Eben deshalb sind wir in der Lage, wenn wir die Gesetze der Wechselwirkung von Quant und Teilchen gefunden haben, sie auf alle Quanten und Teilchen auszudehnen unter Berücksichtigung der Bedingungen, unter denen wir beobachtet haben. Erst die Bedeutung der Theorie für nicht-beobachtete Erscheinungen ermöglicht überhaupt die Erkenntnis. Wenn unter gleichen wesentlichen Bedingungen bei der Wechselwirkung gleicher Objekte ständig eine andere Beziehung herauskommen würde, dann haben wir noch nicht die Theorie gefunden, die das Wesen dieser Prozesse erfaßt.

[130] Man kann also Heisenberg zustimmen, daß in der Quantenmechanik nicht die Beschreibung des Prozesses zwischen zwei Beobachtungen erfolgt. Man könnte ihm nicht zustimmen, wenn davon abgeleitet würde, daß wir gar nichts mehr über unbeobachtete Prozesse aussagen könnten. Die letztere Aussage muß dann noch dadurch ergänzt werden, daß die unbeobachteten Erscheinungen der weiteren Forschung unterliegen und in neuen Theorien erfaßt werden müssen. So interessiert uns zwar nicht die klassische Bahn eines Teilchens zwischen zwei Beobachtungen, aber das wesentliche Verhalten von Elementarteilchen überhaupt bei Prozessen, die die Quantenmechanik nicht mehr erfaßt, wie die Umwandlung der Elementarteilchen ineinander.

Mit dem Verhältnis von Faktischem und Möglichem verweist Heisenberg auf eine wichtige Problematik, die uns bei der statistischen Deutung der Quantenmechanik noch beschäftigen wird. Aber auch dort werden wir sehen, daß die Beschränkung der Beziehung von Möglichkeit und Wirklichkeit auf beobachtete Erscheinungen nicht möglich ist.

Heisenberg hat vor allem auf die erkenntnistheoretische Bedeutung der menschlichen Handlungen verwiesen. Er schreibt: „Unsere tatsächliche Lage bei der Untersuchung eines atomaren Vorganges ist gewöhnlich die folgende: Wir wollen ein bestimmtes Phänomen verstehen, wir wollen erkennen, wie dieses Phänomen aus den allgemeinen Naturgesetzen folgt. Daher ist der Teil der Materie oder Strahlung, der an der Erscheinung teilnimmt, der natürliche ‚Gegenstand' in der theoretischen Behandlung und sollte in dieser Hinsicht von den Werkzeugen getrennt werden, die man benützt, um die Erscheinungen zu studieren. Damit wird wieder ein subjektives Element in der Beschreibung der atomaren Vorgänge hervorgehoben, denn die Meßanordnung ist ja vom Beobachter konstruiert worden; und wir müssen uns daran erinnern, daß das, was wir beobachten, nicht die Natur selbst ist, sondern Natur, die unserer Art der Fragestellung ausgesetzt ist. Unsere wissenschaftliche Arbeit in der Physik besteht darin, Fragen über die Natur zu stellen in der Sprache, die wir besitzen, und zu versuchen, eine Antwort zu erhalten durch Experimente, die wir mit den Mitteln ausführen, die zu unserer Verfügung stehen. In dieser Weise erinnert uns, wie Bohr es ausgedrückt hat, die Quantentheorie daran, daß man beim Suchen nach der Harmonie im Leben niemals vergessen darf, daß wir im Schauspiel des Lebens gleichzeitig Zuschauer und Mitspielende sind. Es ist verständlich, daß in unserer wissenschaftlichen Beziehung zur Natur unsere eigene Tätigkeit dort sehr wichtig ist, wo wir es mit den Teilen der Natur zu tun bekommen, in die wir nur durch die kompliziertesten technischen Hilfsmittel eindringen können."[122]

[131] Es reicht jedoch nicht aus, nur die Bedeutung der menschlichen Handlungen zu betonen und auf das Vorhandensein subjektiver Elemente in der Erkenntnis zu verweisen. Man muß die vielfältigen Beziehungen, die im Erkenntnisprozeß auftreten, analysieren, um dadurch die Kompliziertheit der Erkenntnis der objektiven Realität zu erkennen. Dabei ergeben sich folgende wesentliche Seiten, die wir in den vorhergehenden Ausführungen andeuteten: Wir brauchen durch die Ergebnisse der Quantenmechanik nicht die objektive Realität der Elementarobjekte zu bezweifeln, sondern müssen die klassische Vorstellung vom physikalischen Objekt aufgeben. Die im Erkenntnisprozeß vorhandene Einheit von subjektiven und objektiven

[122] W. Heisenberg, Physik und Philosophie, S. 40.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Elementen liefert uns im Ergebnis eine durch die Experimente überprüfte Theorie, die das Wesen der untersuchten Prozesse relativ richtig abbildet. Das in der Theorie enthaltene gesellschaftliche subjektive Element darf nicht verabsolutiert werden, sondern es müssen die Grenzen unserer bisherigen Erkenntnis aufgedeckt werden.

Bei der Anwendung der Theorie auf konkrete Prozesse ist das subjektive Element weitgehendst auszuschalten durch Kontrolle, neue Überprüfungen, Exaktheit usw. Der erkennende Mensch organisiert sich mit seinen Experimenten ständig neue Erscheinungen, die ihn das Wesen objektiver Prozesse erkennen lassen. In der Theorie schafft er die Synthese der durch das Experiment analysierten Seiten komplizierter Objekte.

So ist die materialistische Anerkennung der außerhalb und unabhängig vom menschlichen Bewußtsein existierenden objektiven Realität stets der Antrieb zu neuen Forschungen, da der Materialist die Relativität unserer Erkenntnisse betont, die zwar den Charakter objektiver Wahrheiten haben, weil ihr Inhalt unabhängig vom Willen des einzelnen Menschen ist, aber doch nur annähernd die Wirklichkeit erfassen.

Es ist die Dialektik von Wesen und Erscheinung im Erkenntnisprozeß, die bei Heisenberg als Beziehung Beobachter und Objekt betrachtet wird. Er wendet sich gegen eine subjektivistische Interpretation der Einführung des Beobachters: „Es ist der faktische Charakter eines mit den Begriffen des täglichen Lebens beschreibbaren Ereignisses, der im mathematischen Formalismus der Quantentheorie nicht ohne weiteres enthalten ist und der in ihre Kopenhagener Interpretation durch die Einführung des Beobachters eingeht. Natürlich darf man die Einführung des Beobachters nicht dahin mißverstehen, daß etwa subjektivistische Züge in die Naturbeschreibung gebracht werden sollten. Der Beobachter hat vielmehr nur die Funktion, Entscheidungen, d. h. Vorgänge in Raum und Zeit, zu registrieren, wobei es nicht darauf ankommt, ob der Beobachter ein Apparat oder ein Lebewesen [132] ist; aber die Registrierung, d. h. der Übergang vom Möglichen zum Faktischen, ist hier unbedingt erforderlich und kann aus der Deutung der Quantentheorie nicht weggelassen werden. Die Quantentheorie ist hier aufs engste mit der Thermodynamik insofern verknüpft, als ja jeder Beobachtungsakt seiner ganzen Natur nach ein irreversibler Prozeß ist. Nur mittels solcher irreversibler Vorgänge kann der Formalismus der Quantentheorie in einer widerspruchsfreien Weise mit wirklichen Vorgängen in Raum und Zeit verknüpft werden. Andererseits ist die Irreversibilität, wenn man sie in die mathematische Darstellung der Vorgänge zurückübersetzt, eine Folge des unvollständigen Wissens, das der Beobachter von dem System hat, und insofern doch nicht etwas vollständig Objektives.“[123]

Da bei Heisenberg hier wieder die Erkenntnis betrachtet wird, ist der Mensch oder das Gerät tatsächlich notwendig, um Erkenntnisse überhaupt erst durch die Registrierung zu ermöglichen. Auch die Einheit von objektivem Inhalt und relativ wahrer Erfassung des Inhalts in der Theorie haben wir berücksichtigt. Trotzdem ist diese erkenntnistheoretische Situation nicht speziell an die Quantenmechanik gebunden. Die Einführung des Beobachters ist für die Quantenmechanik als physikalische Theorie nicht notwendig. Sie erfaßt das Wesen der Prozesse, die sich bei der Wechselwirkung der Teilchen abspielen, wobei Zahl und Art der Teilchen erhalten bleiben. Es ist kein Beobachter mehr notwendig, um das Verhältnis von Theorie und Wirklichkeit auszudrücken. Worum es Heisenberg geht, ist die Verbindung von Theorie und konkretem Einzelprozeß. Der konkrete Prozeß ist aber eine Einheit von wesentlichen und unwesentlichen, notwendigen und zufälligen Seiten. Das Gesetz erfaßt nur die Tendenz seines Verhaltens, aber nicht das wirkliche Verhalten selbst. Um zu Voraussagen aus der Theorie über konkrete Prozesse zu kommen, sind Angaben notwendig, die in die Theorie eingegeben werden und die aus der Registrierung des Faktischen gewonnen werden. Dann bleibt der Vorgang

[123] Ebenda, S. 112.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

sich selbst überlassen; wir verfolgen das Verhalten der eingegebenen Werte mit Hilfe der Theorie und erhalten eine Voraussage, die wir wieder durch Registrierung überprüfen. Dabei wird nicht der wirkliche Prozeß in der Gesamtheit seiner Seiten von der Theorie erfaßt, sondern aus der Widerspiegelung wesentlicher objektiver Beziehungen in der Theorie kann auf wesentliche Seiten des Verhaltens geschlossen werden, welches das Objekt im konkreten Fall zeigt. Insofern braucht die Quantenmechanik gegenüber anderen komplizierten Theorien keine Sonderstellung einzunehmen, da der Sachverhalt dort ähnlich ist.

Die Theorie umfaßt das Wesen der Prozesse relativ richtig, aber für die Anwendung der Theorie braucht man experimentelle Ergebnisse, die durch-[133]gerechnet werden, zu Voraussagen führen, und die Voraussagen müssen wieder überprüft werden.

Gegenüber der klassischen Objektauffassung zeigt sich allerdings ein neuer Zug. Das klassische Objekt konnte prinzipiell, nach der Auffassung der Vertreter des mechanischen Materialismus, in allen seinen Verhaltensweisen zu jedem Zeitpunkt in der Theorie erfaßt werden. Theorie und Wirklichkeit stimmten direkt überein. Schrödinger unternahm mit der Quantenmechanik einen ähnlichen Versuch, indem er die Teilchen als Wellen im dreidimensionalen Raum deutete. Es zeigte sich aber, daß eine solche Vereinfachung, wie sie für die klassischen Objekte möglich war, bei den Quantenobjekten scheiterte. Die Theorie ließ sich nicht mehr einfach als direktes unmittelbares Abbild anschaulicher materieller Vorgänge fassen. Dieses Verhältnis wird uns noch im nächsten Abschnitt beschäftigen.

3. Elementarobjekte, Anschaulichkeit und Mathematik

Während durch Heisenberg die erkenntnistheoretische Problematik, wie wir zu Aussagen über die Elementarobjekte kommen, im Laufe der Zeit in verschiedener Weise beantwortet wurde, beschäftigt ihn das Problem der Anschaulichkeit der Quantenobjekte und die Rolle der Mathematik in gleicher Weise durchgehend durch die verschiedenen Etappen. Für die Erkenntnis waren zuerst der Schnitt zwischen Beobachtungsmittel und Objekt und die dabei auftretende „unkontrollierbare Wechselwirkung“ maßgebend, während Heisenberg dann versuchte, die Beziehung von Möglichem und Faktischem zur Deutung heranzuziehen. Dabei war der letztere Versuch mit einer Distanzierung vom Positivismus verbunden, die in der ersten Zeit nicht so klar erfolgte.

Die Rolle, die die mathematische Erfassung der Beziehungen zwischen den Elementarobjekten spielte, brachte Heisenberg immer wieder auf den Gedanken, das wirkliche Verhalten der Teilchen in der mathematischen Gleichung zu sehen. In diesem Sinne sprach er davon, daß das Teilchen nur ein Symbol sei, die neue Wirklichkeitsauffassung eben die Klarheit der Mathematik zur Grundlage haben müsse.[124]

Die mathematische Klarheit bei der theoretischen Erfassung objektiver Sachverhalte läßt ihn auch das Abgehen von der Anschaulichkeit proklamieren. Damit werden von ihm wesentliche Beziehungen des Verhältnisses von Theorie und Wirklichkeit zum Gegenstand der Untersuchung gemacht. [134] Diese wollen wir betrachten, weil sie für das Verständnis der Heisenbergschen Realitätsauffassung wichtig sind.

Heisenberg betrachtet in seinem Vortrag „Gedanken der antiken Naturphilosophie in der modernen Physik“ die Rolle der Mathematik in der Antike und in der Atomphysik: „Wenn demnach die moderne Naturwissenschaft den Gedanken von der mathematisch faßbaren Ordnung in der Natur aus der Antike übernommen hat, so führt sie diesen Gedanken doch in einer anderen und, wie wir glauben, strengen und für alle Zeiten verbindlichen Weise durch. Der Bereich der mathematischen Strukturen, der der antiken Wissenschaft zur Verfügung stand, war noch verhältnismäßig gering, es waren in erster Linie die geometrischen Formen,

[124] W. Heisenberg, Das Naturbild der heutigen Physik, Hamburg 1955, S. 12.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

die zu den Erscheinungen in Beziehung gesetzt wurden. Die griechische Naturwissenschaft suchte daher nach statistischen Gesetzmäßigkeiten; Gegenstand ihrer Forschung waren die unveränderlichen Bahnen, in denen sich die Gestirne bewegen, oder die Formen der ewigen und unzerstörbaren Atome. Die Gesetze, zu denen die antike Naturforschung auf diesem Wege vordrang, hielten aber der verfeinerten Erfahrung späterer Jahrhunderte nicht stand, und die Wissenschaft der Neuzeit hat gezeigt, daß in der uns umgebenden realen Welt nicht die geometrischen Formen das Bleibende sind, sondern die das Werden und Vergehen bestimmenden dynamischen Gesetze. Die Harmonie der Pythagoreer, die Kepler noch in den Bahnen der Gestirne zu finden glaubte, sucht die Naturwissenschaft seit Newton in der mathematischen Struktur des dynamischen Gesetzes, in der dieses Gesetz formulierenden Gleichung.“[125]

In der Antike war es die geometrische Form, die man als das Bleibende in der Erscheinung erkennen wollte. Damit war die Veränderung nicht genügend berücksichtigt. Deshalb ging die neuzeitliche Naturwissenschaft zur mathematischen Formulierung dynamischer Gesetze über. Aber die Interpretation dynamischer Gesetze zeigte noch nicht die wirkliche Kompliziertheit der objektiven Realität. Noch waren die im mathematischen Formalismus der klassischen Mechanik formulierten physikalischen Gesetze so zu deuten, daß sich aus dem gegenwärtigen physikalischen Zustand der zukünftige eindeutig ergab. Die Zukunft konnte bei genauer Erkenntnis der Gegenwart exakt vorausgesagt werden. Das war der Inhalt des mit der mathematisch formulierten klassischen Mechanik verbundenen Laplaceschen Determinismus. Über den Determinismus sprechen wir in einem späteren Abschnitt. Hier interessiert uns vor allem die Entwicklung der mathematischen Theorie. Auch sie war mit der Geometrie in der Antike an die anschaulichen Gegenstände gebunden. Die geometrischen Figuren waren zwar auch schon eine Abstraktion [135] vom wirklichen Körper, indem sie den wirklichen Körper idealisierten und das Allgemeine in den verschiedenen idealisierten Körpern hervorhoben, die zu einer Klasse gehörten. Man konnte jedoch Idealisierung und Anschauung direkt miteinander vergleichen.

In dieser Richtung entwickelte sich dann die Mathematik weiter. So erfolgte auch die Entwicklung der Differentialrechnung aus geometrischen Aufgaben. Die Konstruktion einer Tangente an einen Kreis war nur mit Hilfe des Differentialquotienten möglich. Waren es vorher die Idealisierungen der Wirklichkeit, die in der Geometrie eine Rolle spielten, so treten jetzt immer mehr die Operationen mit den Idealisierungen selbst in den Vordergrund. Mit den mathematisch formulierten Gesetzen der klassischen Mechanik war man noch in der Lage, ein anschauliches Bild zu konstruieren, nämlich den klassischen (groben) Körper, der im Massenpunkt idealisiert wird und sich im dreidimensionalen Raum und in der absoluten Zeit bewegt, wobei die Gesetze die Bewegung dieser Körper und ihre mechanische Wechselwirkung erfassen.

Für Heisenberg liegt der Gewinn, der mit der weiteren Entwicklung des mathematischen Programms der Pythagoreer durch die klassische Mechanik erreicht wurde, in der Abbildung der unendlichen Vielfältigkeit objektiver Vorgänge in einer Differentialgleichung. Er schreibt: „Diese Wendung bedeutet insofern eine konsequente Durchführung des Programms der Pythagoreer, als damit die unendliche Vielfältigkeit des Naturgeschehens ihr getreues mathematisches Abbild findet in den unendlich vielen Lösungen einer Gleichung, etwa der Newtonschen Differentialgleichung der Mechanik. Die Forderung, daß aus dem einen formulierten Naturgesetz eine unendliche Fülle von Erscheinungen entspringen soll, die der experimentellen Untersuchung zugänglich sind, gibt dabei gleichzeitig die Gewähr für die richtige und dann für alle Zeiten verbindliche Formulierung des Gesetzes. Die ein solches Gesetz formulierende Gleichung drückt dabei zunächst nur die einfachsten physikalischen Sachverhalte aus: sie definiert die dynamischen Begriffe, die zum Verständnis der betreffenden Na-

[125] W. Heisenberg, Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft, S. 51.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

turerscheinungen notwendig sind, und enthält darüber hinaus einige allgemeine Aussagen über die Welt unserer Erfahrungen, etwa die Tatsache, daß im leeren Raum keine Richtung und kein Ort ausgezeichnet seien. Sie begreift trotzdem als mögliche Konsequenz in sich eine unendliche Fülle der Erscheinungen, ähnlich wie sich aus den wenigen Noten eines musikalischen Themas eine vielstimmige Fuge entwickeln kann.“[126]

[136] Die Rolle der Mathematik zur Abbildung wesentlicher objektiver Zusammenhänge wuchs ständig. Sie löste sich immer mehr vom sinnlich-anschaulichen physikalischen Objekt und machte die zwischen Objekten existierenden Relationen deutlich. Sie entwickelte ein gedankliches Strukturgefüge aus variablen Elementen, in das die objektiven Strukturgefüge eingepaßt werden können, indem die gedanklichen Elemente durch physikalische Objekte ersetzt werden.

Jedoch trotz der fortgeschrittenen Idealisierung war die Verbindung von Mathematik und Physik in der klassischen Mechanik immer noch mit idealisierten sinnlichen Eigenschaften der Körper verbunden. Die Bahn des Körpers wurde durch das gleichzeitige Vorhandensein von Ort und Impuls in jedem Zeitpunkt bestimmt. Ort und Impuls ergaben aber, in die Hamiltonsche Bewegungsgleichung eingegeben, jeden zukünftigen Ort und Impuls des Systems. Die Differentialgleichungen der klassischen Mechanik sind demnach der direkte Ausdruck objektiven Verhaltens der klassischen Objekte. Sie beschreiben das Verhalten der Körper zu jedem Zeitpunkt. Dabei lag dieser Auffassung, wie wir schon gesehen haben, eine vereinfachte Vorstellung vom physikalischen Objekt zugrunde. Nur dadurch war es möglich, die vereinfachte Darstellung der objektiven Zusammenhänge in der Newtonschen Theorie als direktes Abbild der wirklichen Vorgänge zu sehen. Die Kompliziertheit der physikalischen Objekte war jedoch dem mit der Anschauung und dem sinnlichen Erleben verbundenen Denken der klassischen Mechanik nicht zugänglich.

Wenn auch die Entwicklung des theoretischen Denkens erst im zwanzigsten Jahrhundert seine volle Blüte in Mathematik und Physik erreichte und sich nun unaufhaltsam weiterentwickelt, so war doch in den hervorragenden Leistungen Newtons, Leibnitz’, Boltzmanns, Helmholtz’, Hertz’, Maxwells und vieler anderer die Beschreibung der Mathematik zur rationellen Darstellung erkannter Sachverhalte und vor allem zur konsequenten Entwicklung aller Folgerungen aus einer Theorie klargeworden. Das wirkt auch heute noch fort. Heisenberg meint dazu: „Die Erfolge dieser Naturbetrachtung, die zum Teil zu einer wirklichen Beherrschung der Naturkräfte geführt hat und damit in die Entwicklung der Menschheit entscheidend eingreift, haben den Glauben der Pythagoreer in einem nicht vorhersehbaren Maße recht gegeben. Das Vertrauen in den einfachen mathematischen Kern aller gesetzmäßigen Zusammenhänge in der Natur, auch derer, die wir noch nicht durchschauen, ist daher auch in der modernen Wissenschaft noch so lebendig, daß die mathematische Einfachheit als das oberste heuristische Prinzip bei der Auffindung der Naturgesetze in einem durch neue Experimente erschlossenen Gebiet gilt. Ein neuer Erfahrungsbereich erscheint uns erst dann in sei-[137]nem inneren Zusammenhang verstanden, wenn die ihn bestimmenden Gesetze einfach mathematisch formuliert sind.“[127]

Um zu einer richtigen mathematischen Erfassung der komplizierten Vorgänge im Bereich der Elementarobjekte zu kommen, mußte jedoch die Loslösung der mathematischen Physik von der Anschaulichkeit in viel weiterem Maße erfolgen, als das in der klassischen Mechanik der Fall war.

Es trafen sich in der modernen Physik mehrere Entwicklungstendenzen, die zeitweise unabhängig voneinander verlaufen waren. So hatte sich die Mathematik in ihren verschiedenen

[126] Ebenda, S. 51 f.
[127] Ebenda, S. 52.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Zweigen selbständig weiterentwickelt, ohne daß immer der direkte Bezug zur Wirklichkeit vorhanden gewesen wäre. Die nichteuklidischen Geometrien wurden aus dem Gedanken heraus entwickelt, ohne das Parallelenaxiom auszukommen. Diese rein theoretische Entwicklung erwies sich in der allgemeinen Relativitätstheorie als fruchtbar: Sie war geeignet, die enge Verbindung von Physik und Geometrie herzustellen, genauer, sogar die Einheit von Physik und Geometrie zu zeigen. Die Matrizentheorie, mit der man sich in Göttingen eingehend beschäftigt hatte, erwies sich als ein geeignetes Mittel, um die physikalischen Gesetze der Quantenmechanik mathematisch zu formulieren. Damit entstand eine neue Einheit von Physik und Mathematik, die jedoch von der Mathematik eine weitere selbständige Entwicklung verlangte. Es ist für die Physik wichtig, daß in dem Moment, wo mathematische Theorien zur Darstellung von physikalischen Beziehungen gebraucht werden, jene bereits entwickelt vorliegen. Das erfordert eine umfangreiche Entwicklung mathematischer Grundlagenforschung, deren Anwendung sich erst viel später zeigen kann. Welche mathematischen Theorien in der Zukunft gebraucht werden, kann nie mit Bestimmtheit vorhergesagt werden. Es kann hier auch nur die Richtung bestimmt werden, die eventuell Erfolg verspricht. Auch in der Elementarteilchentheorie war vor einigen Jahren noch nicht vorauszusehen, daß mit der Algebra von Lee gewisse Erfolge zu erzielen sind. Die von Gell-Mann u. a. ausgenutzte Symmetriegruppe *SU* (3) ließ jedoch das Omegaminus-Hyperon voraussagen. Noch weiß man nicht, wie die weitere Entwicklung verläuft. Aber die Rolle der Mathematik wird nicht abgeschwächt, sondern nur noch wachsen. Wir sehen ein Argument dafür in der bisherigen Entwicklung, die die mathematischen Arbeiten, die als Vorlauf zur Entwicklung der Naturwissenschaften entstanden sind, immer wieder in ihrer Bedeutung bestätigt hat.

Ein anderes wesentliches Argument sehen wir in der weiteren Abwendung von der Anschaulichkeit und dem Übergehen zur Erfassung des Wesens der physikalischen Prozesse in der Theorie. Die Mathematik erfaßt Relationen [138] und Strukturen unabhängig von ihrer konkreten Existenz. Sie schafft Systeme möglicher Relationen und Strukturen zwischen variablen Elementen. Dadurch wird sie als Theorie aufnahmefähig für die wirklichen Relationen zwischen objektiv existierenden Elementen, die in der Physik eine Rolle spielen. Die Bedeutung der Mathematik geht weit über die Physik hinaus. Sie dringt in alle Wissenszweige, in alle Bereiche des gesellschaftlichen Lebens ein. Uns interessiert jedoch hier speziell der Zusammenhang von Physik und Mathematik, der Bestandteil des Verhältnisses von Mathematik und Einzelwissenschaften ist.

Heisenberg setzt sich auch mit Vorwürfen auseinander, die dieser Entwicklung gemacht werden: „Dieses aus der Antike übernommene Suchen nach der mathematischen Struktur der Erscheinungen hat freilich den Vorwurf auf sich gezogen, daß es nur eine bestimmte und nicht die wesentlichste Seite der Natur ans Licht bringe, während es für ein unmittelbares und allgemeines Verständnis der Natur eher hinderlich sei. Diesem Vorwurf kann aber am besten durch den Hinweis auf den Ausgangspunkt der Pythagoreischen Lehre begegnet werden. Das bewußte Verständnis der rationalen Zahlenverhältnisse, die der musikalischen Harmonie zugrunde liegen, ist für den notwendig, der ein Instrument bauen oder Musik tätig hervorbringen will. Der eigentliche Inhalt der Musik aber erschließt sich uns im unbewußten Aufnehmen jener rationalen Verhältnisse durch den Geist. In ähnlicher Weise ist die bewußte Kenntnis der mathematisch formulierten Naturgesetze die Voraussetzung für ein aktives, auf den praktischen Nutzen gerichtetes Eingreifen in die materielle Welt. Es gibt aber dahinter noch ein unmittelbares Verstehen der Natur, das diese mathematischen Strukturen unbewußt empfängt und im Geist nachbildet und das sich allen den Menschen erschließt, die zu einer innigeren, aufnehmenden Beziehung zur Natur bereit sind.“[128]

[128] Ebenda, S. 52 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Zweifellos kann man mit der Betonung der Rolle der Mathematik schnell den Vorwurf der Einseitigkeit bekommen. Aber dort, wo es um exakte wissenschaftliche Ergebnisse geht, ist Mathematik notwendig. Die von der Physik mit Hilfe der Mathematik erhaltenen Ergebnisse über die Struktur der Materie bedürfen der Interpretation, um sie in ihrer Bedeutung für die weltanschauliche Haltung der Menschen zu erkennen. Aber weltanschauliche Bedeutung und Mathematik widersprechen einander nicht. Die exakte mathematische Formulierung der Ergebnisse ist die Grundlage für die weltanschauliche Analyse. Man muß sogar weitergehen und die Frage stellen, inwieweit die von der Philosophie ausgedrückten allgemeinen Relationen und Gesetze ebenfalls mathematisch ausgedrückt werden können. Leider ist auf diesen [139] Gebieten zuwenig getan worden, um hier schon eine Einschätzung der entsprechenden Bemühungen geben zu können.

Jedoch wird deutlich, daß Heisenberg mit der Charakterisierung der Rolle der Mathematik eine wesentliche Tendenz der weiteren Wissenschaftsentwicklung gezeigt hat. Diese Tendenz bringt die wachsende Rolle des theoretischen Denkens zum Ausdruck und ist zugleich mit der von Heisenberg erwähnten Abwendung von der Anschaulichkeit verbunden. Heisenberg sieht das Neue in der Quantentheorie darin, daß es unmöglich ist, „den mathematisch niedergelegten Tatbestand anschaulich zu vollziehen“[129] Wir haben auch vorher schon mehrmals auf dieses Problem verwiesen, das bei Heisenberg eine große Rolle spielt. Es geht um die komplizierte Vermittlung zwischen mathematisch formulierter Theorie und Wirklichkeit, die nicht mehr durch die klassische Form der Veranschaulichung erfolgen kann.[130] Es ergibt sich eine ganz neue Problematik, die der komplizierten Beziehung zwischen sinnlichen und rationalen Elementen in der Erkenntnis Rechnung trägt. Offensichtlich braucht man, was Heisenberg durch die Einführung des Beobachters ausdrückte, die Registrierung von physikalischen Sachverhalten zur Anwendung der Theorie. Erst dadurch kann die Verbindung von Theorie und Wirklichkeit hergestellt werden. Nun sind aber nach Heisenberg für die Beschreibung der Experimente die Begriffe der klassischen Physik notwendig. Die Umsetzung der Theorie erfolgt also nicht direkt in Aussagen über die anschaulich erfaßbare Wirklichkeit, sondern es muß aus der Schrödinger-Gleichung der Quantenzustand Ψ erst einmal durch seine Deutung als Wahrscheinlichkeitsfunktion in Beziehung zu Ort und Impuls gebracht werden, die im Experiment festgestellt werden können. Born hatte diese statistische Deutung eingeführt. Aus dem Quadrat des Quantenzustandes ergibt sich die Wahrscheinlichkeit für einen bestimmten Ort oder einen bestimmten Impuls des Teilchens. Dabei interessiert uns hier nur der allgemeine Tatbestand, daß die Übersetzung der mathematischen Gleichung in eine Aussage über die Wirklichkeit über mathematisch formulierte Beziehungen vor sich geht. Daraus ergibt sich als neues erkenntnistheoretisches Problem die Veranschaulichung der Theorie nicht im klassischen Sinn, indem man nach einem alles umfassendes Bild der physikalischen Objekte sucht; solche Bilder erweisen [140] sich als nicht aufstellbar. Um dieses Problem zu lösen, müssen wir Anschaulichkeit genauer fassen. Wir verstehen darunter nicht wie Heisenberg „klassisch beschreibbar“, sondern: Anschaulichkeit ist die Einheit von Wesen und Erscheinungen, die sich in der sinnlichen Erkenntnis der Objekte, ihrer Eigenschaften und Beziehungen unter Hervorhebung der wesentlichen Seiten zeigt. Wenn der Physiker ein Experiment durchführt, so richtet er seine Aufmerksamkeit nur auf bestimmte Ergebnisse des Experiments. Eine bestimmte Stromschwankung, eine bestimmte Spur auf der Photoplatte, alles sinnliche Erlebnisse, zeigen ihm ein bestimmtes Verhalten des untersuchten Prozesses an. Er hebt also bei

[129] W. Heisenberg, Der Begriff „Abgeschlossene Theorie“ in der modernen Naturwissenschaft. In: „Dialectica“, Heft 7/8, S. 333.

[130] Wir werden hier einige Gedanken darlegen, die an anderer Stelle ausführlicher behandelt wurden. Wer sich deshalb näher mit diesem Problem befassen will, den verweisen wir auf: H. Hörz, Zur Anschaulichkeit in der Quantentheorie. In: Natur und Erkenntnis, Berlin 1964, S. 58 ff.
Zum Problem der Anschaulichkeit in der Mikrophysik. In: „Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität, Ges.-Sprachw. R.“ XIII (1964), S. 817 ff.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

seinen Beobachtungen bereits diese wesentlichen Seiten hervor. Diese Form der Anschaulichkeit hat nichts mehr mit dem klassischen Bild vom Objekt zu tun, wohl aber mit dem Anschauen, aus dem der Begriff Anschaulichkeit entstanden ist.

Wenn nun die ersten Formen der Theorie, auch die Geometrie in der Antike, nur idealisierte Anschauungen waren, so ist heute eine mathematisch formulierte physikalische Theorie die Erfassung des Wesens der physikalischen Prozesse ohne Beziehung zu einem anschaulichen Gesamtbild. Es gibt jedoch noch Beziehungen zur Anschauung, zum sinnlichen Erleben, um die es uns geht. Hier finden wir gerade das von Heisenberg immer wieder gestellte Problem der Verbindung von relativ wahrer Theorie und Wirklichkeit wieder. Diese Verbindung wird durch die charakteristische neue Form der Anschaulichkeit hergestellt. Diese neuen Momente des Verhältnisses von sinnlicher und rationaler Erkenntnis bestehen in folgendem: Die relative Selbständigkeit der Theorie muß beachtet werden. Die Entwicklung der Theorie darf nicht durch das Festhalten an anschaulichen Bildern gehemmt werden. Die Theorie entfernt sich gerade deshalb von unseren Anschauungen, um das Wesen der objektiven Prozesse erfassen zu können. Dabei gibt es zeitweiliges Nebeneinander von Experimental- und theoretischer Forschung. Vor allem muß jedoch ein Vorlauf der theoretischen Forschung gesichert werden. Da jedoch die Theorie nur ihre Brauchbarkeit beweisen kann, wenn sie Aussagen über unbekannte Zusammenhänge macht, wird die Verbindung von Theorie und Wirklichkeit mit Hilfe des Experiments und der damit verbundenen sinnlichen Erkenntnis immer wieder hergestellt werden müssen. Es gibt keine einfache Zuordnung von Objekt und Begriff mehr. Auch hier wirkt sich die relative Selbständigkeit der Theorie aus, die als System von Begriffen den objektiven Systemen gegenübersteht, wobei das objektive System im theoretischen abgebildet wird. Heisenberg schreibt dazu: „In der theoretischen Physik versuchen wir, Gruppen von Erscheinungen zu verstehen, indem wir mathematische Symbole einführen, die zu den Tatsachen, nämlich zu den Ergebnissen von Messungen, in Beziehung gesetzt werden können. Für die [141] Symbole gebrauchen wir Namen, die ihre Beziehung zur Messung sichtbar machen. Auf diese Weise sind also die Symbole mit der gewöhnlichen Sprache verknüpft. Dann aber werden die Symbole untereinander durch ein strenges System von Definitionen und Axiomen verknüpft, und schließlich werden die Naturgesetze als Gleichungen zwischen den Symbolen ausgedrückt. Die unendliche Vielfalt von Lösungen dieser Gleichungen entspricht dann der unendlichen Vielfalt einzelner Erscheinungen, die in diesem Gebiet der Natur möglich sind. In solcher Weise stellt das mathematische Schema die betrachtete Gruppe von Erscheinungen dar, soweit eben die Beziehung zwischen den Symbolen und den Messungen reicht. Diese Beziehung erlaubt dann auch, die Naturgesetze selbst in Begriffen der gewöhnlichen Sprache auszudrücken, da unsere Versuche, die aus Handlungen und Beobachtungen bestehen, immer in der gewöhnlichen Sprache beschrieben werden können.“[131]

Die Ordnung der Natur finden wir hier wieder in der logischen Ordnung des theoretischen Systems von Begriffen und ihren Beziehungen. Die Rolle eines Begriffs wird in erster Linie durch seinen Platz im logischen System bestimmt. Die Theorie unterliegt erst einmal logischen Kriterien, wie dem der Widerspruchsfreiheit. Faßt sie einige Seiten der wirklichen Prozesse richtig, dann muß sie in allen ihren Konsequenzen ausgearbeitet werden, die mit der Wirklichkeit konfrontiert werden. Dabei ist die physikalische Deutung auftretender mathematischer Begriffe ein neues wissenschaftliches Problem. Die Widerspiegelung objektiver Sachverhalte in der Theorie wird immer komplizierter. Schon der Quantenzustand Ψ faßt einige objektive Beziehungen zusammen und kann nicht einfach anschaulich realisiert werden. Wenn man dann die Forderung nach Einfachheit der Theorie aufstellt, wie das Heisenberg macht, dann kann das nur auf die einfachen mathematischen Beziehungen in der Grundgleichung oder dem System von Grundgleichungen in der Theorie bezogen sein. Die dabei verwendeten mathematischen

[131] W. Heisenberg, Physik und Philosophie, S. 144.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Theorien und die die physikalischen Beziehungen ausdrückenden Zustände werden immer komplizierter. Das entspricht einerseits der besseren Erfassung des Wesens größerer zu erforschender Bereiche, die in der Theorie auf einfache Weise eine Vielzahl konkreter Erscheinungen umfassen läßt. Andererseits muß die widergespiegelte Kompliziertheit der Objekte sich auch in der Theorie wiederfinden. Das ist der Fall bei der Umsetzung der Theorie in Aussagen über einen konkreten physikalischen Prozeß und in der verwendeten komplizierten mathematischen Theorie. Deshalb wird zwar das Streben nach Einfachheit der Theorie erhalten bleiben. Die Veranschaulichung der Ergebnisse, der Theorie, d. h. ihre Verbindung zur Wirklichkeit über Experimente, Geräte, sinnliches Erleben wird jedoch immer komplizierter.

[142] Ein Modell des Gesamtverhaltens physikalischer Objekte ist nicht möglich, wohl aber die Veranschaulichung einzelner Aspekte und Seiten des Verhaltens in Modellen und Modellvorstellungen. Diese Modelle haben große heuristische Bedeutung für die Entwicklung der Forschung, wie das z. B. beim Schalenmodell des Atomkerns deutlich wurde, dürfen aber nicht als anschauliches Modell des Gesamtverhaltens verabsolutiert werden.

Die Veranschaulichung theoretischer Ergebnisse ist also durch die Quantenmechanik komplizierter geworden. Das als anschaulich betrachtete klassische Objekt ist eine zu große Vereinfachung des wirklichen Verhaltens der Elementarobjekte und kann deshalb nicht in diesen Bereich extrapoliert werden. Theorie und Wirklichkeit sind durch komplizierte Beziehungen miteinander verbunden, durch Experimente, Hypothesen, Modelle usw. Die Veranschaulichung der Theorie besteht darin, durch Folgerungen aus der Theorie zu überprüfbaren Aussagen zu kommen, die mit Hilfe der Registrierung von Ergebnissen im Experiment unseren Sinnen zugänglich gemacht werden. Die sinnlichen Erlebnisse liefern dabei nur demjenigen eine Aussage über die Prozesse, der die Probleme auf hohem theoretischem Niveau erforscht. Der Laie kann aus dem Zeigeranschlag eines Geräts nichts entnehmen, für den Physiker wird darin aber objektives Verhalten anschaulich.

Auch die Betrachtung der Heisenbergschen Auffassungen zum Verhältnis von objektiver Realität, Anschaulichkeit und Mathematik zeigt, daß er echte Probleme des Erkenntnisprozesses behandelt. Die Beziehung von Wirklichkeit und Theorie wird komplizierter, was Heisenberg richtig hervorgehoben hat. Zugleich gibt es aber keinen Grund, die objektive Realität der Elementarteilchen zu leugnen. Damit würde man das einzige Kriterium für die Richtigkeit unserer Theorien, die eben nur durch die im Experiment zum Ausdruck kommenden objektiven Beziehungen auf ihre Richtigkeit überprüft werden können, aufgeben.

Deshalb löst sich auch das objektive Teilchen nicht in Mathematik auf. Der rationelle Kern dieser Formulierung besteht jedoch darin, daß das anschaulich verstandene klassische objektive physikalische Objekt als Widerspiegelung der physikalischen Objekte nicht zur Erklärung der Quantenphänomene ausreicht. Dieses anschauliche Objekt verschwindet, an seine Stelle tritt die klare mathematische Formulierung der Eigenschaften der Elementarobjekte in der physikalischen Theorie. Das physikalische Objekt wird in der modernen Theorie in seiner Kompliziertheit besser erkannt als in der klassischen. Schließen wir diese Gedanken zur Anschaulichkeit mit einem von Heisenberg gebrauchten Bild ab. Er bringt dort deutlich die Entfernung der Theorie von der Wirklichkeit und der lebendigen Anschauung zum Ausdruck, die jedoch durch die Einsicht in die tieferen Zusammenhänge wett-[143]gemacht wird: „Aber vielleicht dürfen wir den Naturforscher, der das Gebiet der lebendigen Anschauung verläßt, um die großen Zusammenhänge zu erkennen, vergleichen mit einem Bergsteiger, der den höchsten Gipfel eines gewaltigen Gebirges bezwingen will, um von dort das Land unter ihm in seinen Zusammenhängen zu überschauen. Auch der Bergsteiger muß die von den Menschen bewohnten fruchtbaren Täler verlassen. Je höher er kommt, desto weiter öffnet dich das Land seinem Blick, desto spärlicher wird aber auch das Leben, das ihn umgibt. Schließlich gelangt er in eine blendend klare Region von Eis und Schnee, in der alles Leben erstorben ist, in der auch

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

er selbst nur noch unter großen Schwierigkeiten atmen kann. Erst durch diese Region hindurch führt der Weg zum Gipfel. Aber dort oben steht er in den Momenten, in denen in vollster Klarheit das ganze Land unter ihm ausgebreitet liegt, doch vielleicht dem lebendigen Bereich nicht allzu fern. Wir verstehen, wenn frühere Zeiten jene leblosen Regionen nur als grauenvolle Öde empfanden, wenn ihr Betreten als eine Verletzung der höheren Gewalten erschien, die sich wahrscheinlich bitter an dem rächen werden, der sich ihnen zu nahen wagt. Auch Goethe hat das Verletzende in dem Vorgehen der Naturwissenschaft empfunden. Aber wir dürfen sicher sein, daß auch dem Dichter Goethe jene letzte und reinste Klarheit, nach der die Wissenschaft strebt, völlig vertraut gewesen ist.“[132]

4. Einheit der Welt, Materiestruktur und Urmaterie

Mit der Weiterentwicklung der Physik ändert sich auch die Auffassung Heisenbergs zur objektiven Realität. Bestimmte Züge, die dafür in den dreißiger und vierziger Jahren entscheidend waren, treten in den Hintergrund. Heisenberg wendet sich gegen Objektivismus und Positivismus. Von der unkontrollierbaren Wechselwirkung und dem Schnitt zwischen Objekt und Subjekt ging er zur Untersuchung der Beziehung zwischen Möglichem und Faktischem über. Das ist schon eine implizite Anerkennung der objektiven Realität, nicht im Sinne des mechanischen Materialismus, sondern als außerhalb und unabhängig vom menschlichen Bewußtsein existierende, physikalische Prozesse, die vom Menschen erkannt werden. Dabei analysiert Heisenberg die Probleme, die mit der Erkenntnis der Natur verbunden sind. Er betrachtet das komplizierte Verhältnis von Theorie und Wirklichkeit.

Die Probleme, die mit der Entwicklung einer einheitlichen Theorie der Elementarteilchen verbunden sind, bringen Heisenberg noch mehr in eine [144] Frontstellung gegen den Positivismus und subjektiven Idealismus. Er baut seine Auffassung von der Einheit der materiellen Welt, die ihm als philosophische Grundlage für die Entwicklung seiner nichtlinearen Feldtheorie dient, weiter aus. In der Physik befaßt man sich eingehender mit den Problemen der Struktur der Materie, dem Aufbau des Atomkerns, der Wechselwirkung zwischen den Elementarteilchen und der Struktur der Elementarteilchen. Die bereits charakterisierte Tendenz zur Entwicklung komplizierter theoretischer Systeme, die nicht mehr direkt mit dem sinnlichen Erleben verbunden sind, sondern das Wesen der physikalischen Prozesse vertieft widerspiegeln und deshalb mit Hilfe von mathematischen Methoden auf Aussagen über das im Experiment zum Ausdruck kommende Verhalten der Elementarobjekte überprüft werden müssen, kommt auch in den verschiedenen Ansätzen zur Elementarteilchentheorie zum Ausdruck. Heisenberg geht es darum, die Einheit der Welt mit Hilfe seiner Theorie besser zum Ausdruck zu bringen. Einerseits hat die Naturwissenschaft für ihn die Aufgabe, die Formen der Materie und ihre Umwandlung ineinander zu erforschen. Dazu braucht sie Theorien, die die vorhandenen Experimente erklären und weitere Ergebnisse voraussagen, die noch nicht experimentell überprüft sind. Andererseits stellen diese Theorien ein logisches System von Begriffen dar, wobei der Platz des Begriffs im System bestimmt wird. Hier tritt als neues Problem das Verhältnis von abgeschlossenen und nichtabgeschlossenen Theorien auf, das wir später eingehend behandeln werden.

Soviel wird jedoch deutlich, die verschwommene und idealistisch deutbare These von der „unkontrollierbaren Wechselwirkung zwischen Subjekt und Objekt“ verschwindet zugunsten einer sachlichen Analyse der mit dem Erkenntnisprozeß verbundenen Probleme. Es wird sowohl auf die Erforschung der Materiestruktur verwiesen, die ein Beitrag zur Erkenntnis der einheitlichen Welt ist, als auch auf die selbständige Rolle der Theorie. Damit wird die Stellung Heisenbergs zur objektiven Realität mit echten erkenntnistheoretischen Problemen verbunden, und wir finden außer Formulierungen, die sich gegen den mechanischen Materialismus wen-

[132] W. Heisenberg, Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft, S. 70.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

den, keine direkten Angriffe gegen die Anerkennung der objektiven Realität. Wie kompliziert für Heisenberg das Verständnis der dialektisch-materialistischen Materieauffassung ist, zeigt seine Auseinandersetzung mit Blochinzew. Blochinzew hätte, ausgehend von seiner Interpretation der Quantenmechanik, den Standpunkt vertreten, daß nicht der Zustand des Teilchens an sich, sondern seine Zugehörigkeit zu einer Gesamtheit beschrieben werde, wobei diese Zugehörigkeit vollkommen objektiven Charakter besitzt. Unabhängig davon, ob man dieser Deutung Blochinzews zustimmt, hat er auf jeden Fall damit recht, daß die Quantenmechanik nicht das Verhalten eines Teilchens an sich erfaßt, sondern seine [145] Wechselwirkung berücksichtigt. Die statistische Beschreibung des Verhaltens der Elementarteilchen durch die Quantenmechanik bringt einen objektiven Sachverhalt zum Ausdruck, der dadurch charakterisiert ist, daß das Einzelteilchen in seinem Verhalten nicht unabhängig von seiner Struktur und der Wechselwirkung mit der Umgebung ist. Für die Frage nach der objektiven Realität oder der objektiven Wahrheit ist hier nicht entscheidend, ob die Ensembletheorie Blochinzews den objektiven Sachverhalt richtig wiedergibt. Die weitere Entwicklung der Physik muß auch darüber entscheiden, wie die Struktur der Teilchen, wenn sie vorhanden ist, und die Wechselwirkung mit anderen Teilchen das Gesamtverhalten bestimmen. Es wird jedoch mit der Quantenmechanik ein neuer objektiver Sachverhalt widergespiegelt, der sich von der theoretischen Erfassung eines klassischen Teilchens unterscheidet. Blochinzew erkennt also als Neues der Quantenmechanik die neuen Züge der objektiven Realität, die in ihr erfaßt werden.

Heisenberg meint nun zu Blochinzews Auffassung von der Objektivität: „Mit solchen Formulierungen hat man sich allerdings schon sehr weit (wahrscheinlich zu weit) von der Ontologie des Materialismus entfernt; denn in der klassischen Thermodynamik z. B. ist das anders: Die Feststellung der Temperatur eines Systems besagt für den Beobachter, daß das System ein Exemplar einer kanonischen Gesamtheit ist, für ihn kann es also möglicherweise verschiedene Energien haben. In Wirklichkeit hat das System aber in der klassischen Physik zu einer bestimmten Zeit nur eine bestimmte Energie, alle anderen sind nicht realisiert. Der Beobachter hat sich also getäuscht, wenn er sie in diesem Zeitpunkt in Betracht zog. Die kanonische Gesamtheit enthält also Aussagen nicht nur über das System selbst, sondern auch über des Beobachters unvollständige Kenntnis des Systems. Wenn Blochinzew in der Quantentheorie versucht, die Zugehörigkeit eines Systems zu der Gesamtheit als etwas völlig Objektives zu bezeichnen, so gebraucht er das Wort ‚objektiv' in einer Bedeutung, die von der in der klassischen Physik verschieden ist. Denn in der klassischen Physik bedeutet diese Zugehörigkeit, wie schon gesagt wurde, eine Aussage nicht nur über das System, sondern auch über den Grad der Kenntnis des Systems durch den Beobachter."[133]

Hier wird zugleich der Unterschied zwischen der klassischen und dialektisch-materialistischen Auffassung zur Objektivität deutlich, die mit Aussagen über die Struktur der Materie verbunden wird. Auf die inhaltlichen Probleme, die mit der Bewegung der Elementarobjekte, ihrem statistischen Verhalten und der deterministischen Deutung verbunden sind, kommen wir im nächsten Kapitel zurück. Hier interessieren uns nur die Folgerungen für [146] die Auffassung Heisenbergs zur objektiven Realität. Die klassische Thermodynamik, die Heisenberg anführt, bringt mit ihren statistischen Aussagen mögliches Verhalten der klassischen Systeme zum Ausdruck, wobei aus den verschiedenen Möglichkeiten eine schon verwirklicht ist. Die unzureichende Kenntnis des Beobachters über den objektiven Sachverhalt brachte ihn nun dazu, mehrere Möglichkeiten in Betracht zu ziehen.

Machen wir jedoch in der Quantenmechanik eine Wahrscheinlichkeitsaussage über ein sich bewegendes Teilchen, dann wäre der Sachverhalt mit dem, was Heisenberg über die Thermodynamik sagt, nur dann zu vergleichen, wenn das Teilchen auf den Ort, den wir ihm mit Wahrscheinlichkeit zusprechen, mit Bestimmtheit auftreffen würde. Wir wüßten dann nur

[133] W. Heisenberg, Physik und Philosophie, S. 113.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

nicht genau, was wirklich passiert. Dahinter würde sich die klassische Auffassung von der Vorherbestimmtheit allen Geschehens verstecken. Der dialektische Materialismus anerkennt jedoch die Existenz objektiver Zufälle. Sie wird auch durch die Quantenmechanik bestätigt. Jedes Teilchen trifft zwar auf Grund der Gesamtheit der Bedingungen, die darauf einwirken, auf einen Ort, sagen wir eines Leuchtschirms, nach dem Durchgang durch einen Spalt auf, aber welcher Ort das ist, steht für das Einzelteilchen nicht von vornherein fest. Die Quantenmechanik erlaubt aber, dafür eine Wahrscheinlichkeitsaussage zu machen.[134]

Gehen wir an diesen Sachverhalt mit der klassischen Wirklichkeitsauffassung heran, dann würde sich folgendes ergeben: Das Teilchen besitzt gleichzeitig Ort und Impuls, und der Ort, den es zum Zeitpunkt t einnehmen wird, ist schon im Zeitpunkt t_0 vorherbestimmt. Nur der Beobachter weiß diesen Ort noch nicht und verdeckt deshalb seine Unkenntnis durch die statistische Aussage. Nach dieser Auffassung wäre es die Aufgabe der Physik, nach den verborgenen Parametern zu suchen, die das Verhalten des Einzelteilchens exakt bestimmen, um dann zu einer exakten Vorhersage für das Auftreffen des Teilchens an einem bestimmten Ort zu kommen.

Damit hätte man jedoch die Unbestimmtheitsrelationen nicht als Ausdruck objektiven Verhaltens der Elementarobjekte gedeutet, sondern lediglich nur als einen Ausdruck unserer Unkenntnis. Faßt man sie jedoch als Erkenntnis objektiver Sachverhalte, dann haben Elementarobjekte objektiv nicht gleichzeitig Ort und Impuls. Das war eine Vereinfachung der komplizierten Eigenschaften physikalischer Objekte, die für klassische Körper möglich war.

Die Elementarobjekte zeigen jedoch ihre komplizierten Eigenschaften bei der Wechselwirkung mit anderen Elementarobjekten, wobei sich die gleich-[147]zeitige Bestimmung von Ort und Impuls mit beliebiger Genauigkeit als unmöglich erweist. In der Gesamtheit der Eigenschaften von Elementarobjekten wirken jedoch wieder allgemein-notwendige und wesentliche Beziehungen, Gesetze, die es zu erkennen gilt. Die Unbestimmtheitsrelationen erfassen das Verhalten der Elementarobjekte in der Theorie, sind also Widerspiegelung des objektiven Verhaltens. Analysiert man nun das Problem der Kenntnis oder Unkenntnis, dann kommt man zu einer neuen Haltung gegenüber der klassischen Wirklichkeitsauffassung. Im Vergleich mit dieser ist die Kenntnis vom Verhalten der Elementarobjekte durch die Quantenmechanik nicht eingeschränkt, sondern erweitert worden. Kriterium für die Richtigkeit einer Theorie ist die objektive Realität. Aber gerade das objektive Verhalten physikalischer Objekte ist in seiner Kompliziertheit besser erkannt worden. Die klassische Auffassung hatte gewisse Illusionen über die Erkenntnismöglichkeiten der physikalischen Objekte zugelassen, die durch die moderne Theorie korrigiert werden mußten. Bringt man nun die neue Theorie in Beziehung zur dialektisch-materialistischen Materieauffassung, dann erhalten wir folgendes Bild: Mit der Quantenmechanik sind wir ein Stück in der Erkenntnis der komplizierten objektiven Beziehungen der Elementarobjekte weitergekommen. Es ist möglich, Gesetze für das objektive Verhalten dieser Objekte aufzustellen, aber dabei kann wegen der komplizierten Wechselwirkung, der Vielfalt der einwirkenden Faktoren, das Verhalten der Teilchen nur statistisch vorhergesagt werden. Die dabei auf jedes Teilchen einwirkenden objektiven Faktoren lassen die Illusion von Teilchen an sich, unabhängig von allen Beziehungen mit der Umwelt, nicht mehr aufrechterhalten. Diese Beziehungen tragen notwendigen und zufälligen Charakter. Das Suchen nach Gesetzen, die das eindeutige Verhalten eines ganz bestimmten Einzelobjekts bestimmen, wäre die Negierung der Existenz objektiver zufälliger Beziehungen. Das Verhalten des Einzelteilchens ist bis zum Auftreffen auf einen Ort ständig der Wechselwirkung mit der Umwelt, seiner Strukturelemente, mit den Geräten usw. ausgesetzt. Schon sein Ausgangszustand kann nur innerhalb bestimmter Fehlergrenzen exakt definiert werden. Deshalb ist es nicht einfach Unkenntnis des Beobachters, der die Bahn des Teilchens nicht bestimmen kann, son-

[134] Vgl. dazu das folgende Kapitel. Außerdem: H. Hörz, Atome – Kausalität – Quantensprünge, S. 114 ff.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

dern das objektive Verhalten des Teilchens, das diese Bestimmung verhindert. Die Gesetze existieren aber nicht für das Verhalten eines bestimmten Objekts, sondern für eine Klasse von Objekten, die sich durch gleiche Eigenschaften, die wesentlich das Verhalten bestimmen, auszeichnen. Diese Gesetze zu erkennen ist die Aufgabe der Wissenschaft. Der Versuch, für jedes Einzelteilchen Gesetze zu finden, hätte nur Erfolg, wenn jedes Teilchen dem anderen gleichen würde. So war die klassische Auffassung. Die moderne Auffassung hebt die zufälligen Unterschiede der Teilchen [148] hervor, die unter bestimmten Bedingungen gleiches wesentliches Verhalten ermöglichen, aber keine exakte Voraussage für das gesamte Verhalten des einzelnen Objekts gestatten.

Die zukünftige Erforschung des objektiven Verhaltens ist deshalb nicht auf die exakte Bestimmung der Bahn des konkreten Einzelobjekts gerichtet, sondern auf die Gesetze des Verhaltens von Objektklassen, die uns die Kompliziertheit objektiven Verhaltens noch besser erkennen lassen. Es ist vor allem die Struktur der physikalischen Objekte, des Atomkerns usw. zu erforschen. Hier erlitt die von Heisenberg proklamierte Einheit der Welt, wo sie klassisch verstanden wurde, ebenfalls einen Schlag. Es gibt nicht nur, wie das noch Anfang der dreißiger Jahre schien, wenige Elementarteilchen, die man als Grundbausteine der Welt nehmen könnte. Die Forschung hat mit den Resonanzen über 100 Elementarteilchen gefunden, wodurch die Frage nach der Einheit der Welt auf neue Weise gestellt wird.

Wir können also auch bei der Auseinandersetzung zwischen Heisenberg und Blochinzew festhalten, daß objektiv bestimmte Beziehungen zwischen den Elementarteilchen existieren und nicht nur das Teilchen an sich als objektiv betrachtet werden kann. Heisenberg hat recht, wenn er die Abwendung von der klassischen Objektvorstellung betont. Für den dialektischen Materialisten sind auch die Beziehungen zwischen physikalischen Objekten, die zu einer Gesamtheit von reagierenden Objekten gehören, materiell. Die Quantenmechanik ging von der Untersuchung des Körpers an sich zur Erforschung der Elementarobjekte und ihrer Beziehungen über. Das führte zur Auflösung des starren Dingbegriffs in der Physik und zur Auflösung der absoluten Individualität im Sinne der Losgelöstheit, der Unbeeinflußbarkeit von anderen Objekten.

Damit kompliziert sich auch die Auffassung von der Einheit der Welt, deren Verfechter Heisenberg ist. Die Einheit der Welt wäre am leichtesten zu erweisen, wenn wenige Grundbausteine der Materie, also wenige Elementarteilchen, existieren würden, die miteinander verbunden sind. Dabei dürften die Objekte, die zu einer Klasse gehören, keine Unterschiede besitzen. So ist ungefähr das klassische Bild von der Einheit der Welt. Es gibt Grundbausteine, auf denen alles aufgebaut ist. Zuerst sollte dieses Bild auch auf die Elementarteilchen übertragen werden. Aber die Erforschung der Elementarteilchen erzwang die Revision der klassischen Auffassung von der Einheit der Welt.

Der dialektische Materialismus hatte in der Auseinandersetzung mit der mechanischen Auffassung schon immer folgendes betont: Die Einheit der Welt ist eine Einheit qualitativ verschiedener komplizierter Objekte und ihrer Beziehungen. Die Welt ist nicht aus letzten unteilbaren Teilchen auf-[149]gebaut, deren quantitative Beziehungen die qualitative Vielfalt der Erscheinungen erklären lassen. Diese Konzeption von der Einheit der Welt kann mit verschiedenen physikalischen Hypothesen und Theorien verbunden werden. So gibt es bei der Erforschung der Elementarteilchen heute verschiedene Ansätze, um die Einheit der Welt zu erfassen. Es wäre erstens der Versuch zu nennen, die Elementarteilchen aus sich heraus als Wechselwirkungen untereinander zu erklären. Jedes Teilchen existiert danach nur durch die Wechselwirkung anderer Teilchen. In dieser Richtung werden Gedanken von Chew geäußert, der besonders mit seiner Konzeption des „bootstrap“ diese Idee zum Ausdruck bringt. Danach werden die schwer wechselwirkenden Teilchen durch die schwere Wechselwirkung selbst geschaffen. Es existiert nichts außer den wechselwirkenden Teilchen, die sich selbst bedingen.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Zweitens besteht der Versuch, die Elementarteilchen auf wenige Fundamentalteilchen zu reduzieren. Hier ist besonders der Versuch Gell-Manns zu erwähnen, der Elementarteilchen mit gebrochenen Quantenzahlen, die „quarks", einführte, aus denen alle anderen Teilchen bestehen sollen. Drittens kann man den Versuch Heisenbergs anführen. Ehe wir uns noch mit den Heisenbergschen Auffassungen zu dieser Problematik beschäftigen, möchten wir die Vereinbarkeit aller Standpunkte mit der dialektisch-materialistischen These von der materiellen Einheit der Welt hervorheben. Diese These macht keine Aussage über die Struktur der einheitlichen Welt. Hier gilt das Wort von Engels: „Das Sein ist ja überhaupt eine offene Frage von der Grenze an, wo unser Gesichtskreis aufhört."[135] Erst die Erforschung der konkreten Struktur durch die Naturwissenschaft kann uns etwas über die wirklich existierenden Beziehungen zwischen den materiellen Objekten aussagen. Die These von der materiellen Einheit der Welt verlangt den Nachweis von der Einheit der Welt, das heißt, es müssen Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Objekten verschiedener und gleicher Entwicklungsniveaus gezeigt werden. Diese Zusammenhänge sind keine Reduktionen der einen Objekte und Beziehungen auf andere. Der Zusammenhang selbst kann vermittelt und muß nicht direkt sein. So existiert kein direkter Zusammenhang zwischen Objekten, die sich nicht innerhalb des gleichen Lichtkegels befinden. Hier besagt die These von der materiellen Einheit der Welt, daß es keinen Bereich geben kann, der gar keine Beziehungen zu anderen Bereichen besitzt. Es wäre vermessen, die Aussage zu wagen, daß er zu jedem Bereich Beziehungen haben müßte. Diese Zusammenhänge, von denen wir sprachen, haben materiellen Charakter, das heißt, sie existieren außerhalb und unabhängig von unserem Bewußtsein und [150] können durch den Menschen erkannt werden, weil die Wirkungen dieser materiellen Beziehungen feststellbar sind.

Heisenberg hebt richtig hervor, daß es notwendig sei, mit der Struktur der Materie zu experimentieren, um Aussagen über sie zu erhalten: „Seit der Zeit von Galilei ist die grundlegende Methode der Naturwissenschaft das Experiment. Diese Methode hat es möglich gemacht, von der allgemeinen Naturerfahrung zu einer spezifischen Erfahrung überzugehen und charakteristische Vorgänge in der Natur auszusondern, an denen man ihre Gesetze unmittelbarer studieren kann als in der allgemeinen Erfahrung. Wenn man die Struktur der Materie studieren will, muß man also Experimente an ihr anstellen. Man muß die Materie außergewöhnlichen Bedingungen aussetzen, um ihre Wandlungen unter diesen Verhältnissen zu studieren, in der Hoffnung, gewisse fundamentale Züge der Materie zu erkennen, die unter allen scheinbaren Veränderungen erhalten bleiben."[136]

Erst eine Vielzahl von experimentellen Erfahrungen gestattet es, die Gesetze zu erkennen, oder wie wir früher sagten, aus vielen Erscheinungen müssen die Merkmale des Wesens herausanalysiert werden, um zur Erkenntnis des Wesens der erscheinenden Objekte zu kommen und eine dementsprechende Theorie zu formulieren.

Heisenberg sah nach der Aufstellung der Quantentheorie zwei Richtungen in bezug auf die weitere Erforschung der Struktur der Materie: „In dieser Weise hatte man also eine erste Grundlage für ein Verständnis der Materie gewonnen. Die chemischen und anderen Eigenschaften der Atome konnten erklärt werden, indem man das mathematische Schema der Quantentheorie auf die Elektronenschalen anwandte. Von dieser Grundlage ausgehend konnte man versuchen, die Analyse der Struktur der Materie in zwei verschiedenen Richtungen weiterzuführen. Man konnte entweder die Wechselwirkung der Atome studieren, ihre Beziehungen zu größeren Einheiten wie Molekülen oder Kristallen oder biologischen Objekten; oder man konnte versuchen, durch die Untersuchung des Atomkerns und seiner Teile bis zu der Stelle vorzudringen, von der aus die Einheit der Materie verständlich wurde. Die physikalische

[135] F. Engels, Herrn Eugen Dührings Umwälzung der Wissenschaft. In: K. Marx/F. Engels, Werke, Bd. 20, Berlin 1962, S. 41.
[136] W. Heisenberg, Physik und Philosophie, S. 121 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Forschung ist in den vergangenen Jahrzehnten in beiden Richtungen vorangetrieben worden, und wir werden uns im folgenden mit der Rolle der Quantentheorie in diesen beiden Bereichen zu beschäftigen haben."[137] Hier wird in zweifacher Hinsicht Wert gelegt auf die Einheit der Welt. Einerseits versucht man, die physikalischen Erkenntnisse auf die Erforschung chemischer Prozesse und des Lebens anzuwenden. Dabei entstan-[151]den solche Wissenschaften wie die Biophysik, und die Quantentheorie wurde zu einer der Grundlagen der Chemie. Andererseits ging die Erforschung der kleinsten Materieteilchen weiter. Eben die Untersuchung des Atomkerns und der Elementarteilchen hat uns in den letzten Jahren ständig neue Ergebnisse geliefert.

Heisenberg hebt in bezug auf die erste Tendenz die Bedeutung von Physik und Chemie für die Erforschung des Lebens hervor, ohne jedoch die Spezifik biologischer Prozesse zu leugnen. Sicher gibt es eine ganze Reihe von Erfolgen bei der Anwendung von physikalischen und chemischen Methoden zur Erforschung des Lebens. Es wäre unwissenschaftlich, wollte man diese notwendige Forschungsrichtung in irgendeiner Weise behindern, und sei es auch nur durch das Argument, damit könne das Wesen des Lebens nicht erkannt werden. Wir stehen auch auf dem Standpunkt, daß Physik und Chemie nicht die Biologie ersetzen können, da die physikalischen und chemischen Prozesse im Organismus modifiziert auftreten. Sie sind in ihrem Verhalten durch das stabile System des Organismus bedingt und können nicht aus dieser komplizierten Wechselwirkung isoliert werden. Da aber chemische und physikalische Prozesse im Organismus vorhanden sind, kann die wirkliche Erforschung des Lebens wiederum nur mit Hilfe von Physik und Chemie erfolgen. Hier zeigt sich eine wesentliche Bestätigung für die dialektisch-materialistische Auffassung von der Einheit der Welt, die sich gegen zwei Extreme richtet, und zwar sowohl gegen die Negation neuer qualitativer Vorgänge in verschiedenen Bereichen der Materie, die sich in der einfachen Reduktion biologischer Vorgänge auf physikalische und chemische bemerkbar machen würde, als auch gegen die Loslösung verschiedener materieller Bereiche voneinander. Biologie ohne Chemie und Physik ist heute unmöglich. Hier zeigt sich die Einheit qualitativ verschiedener Objekte und Beziehungen.

Heisenberg erkannte diese komplizierte Wechselwirkung. Er betont die Bedeutung der Quantentheorie für die biologischen Prozesse, die sich beispielsweise für das Verständnis der Moleküle und die Statistik von Mutationen auswirkt, und schreibt dazu: „Aber all diese Beispiele beweisen doch nicht, daß Physik und Chemie zusammen mit der Entwicklungslehre später eine vollständige Beschreibung der lebendigen Organismen gestatten werden. Die biologischen Prozesse müssen durch den experimentierenden Naturwissenschaftler mit mehr Vorsicht behandelt werden als die Prozesse der Physik und Chemie. Wie Bohr ausgeführt hat, mag es durchaus sein, daß eine Beschreibung der lebendigen Organismen, die vom Standpunkt des Physikers vollständig genannt werden könnte, gar nicht existiert; denn eine solche Beschreibung würde Versuche erfordern, die zu stark mit den biologischen Funktionen in Konflikt geraten müßten. Bohr hat diese Situation beschrie-[152]ben, indem er sagte, daß wir es in der Biologie eher mit der Realisierung von Möglichkeiten zu tun haben in jener Natur, zu der wir gehören, als mit den Ergebnissen von Versuchen, die wir selbst anstellen können. Die Situation von Komplementarität, auf die diese Formulierung anspielt, spiegelt sich als eine Tendenz in den Methoden der modernen Biologie wider, die einerseits die Methoden und Ergebnisse von Physik und Chemie voll ausnützt und andererseits doch ständig Begriffe benützt, die sich auf jene Züge der organischen Natur beziehen, die nicht in Physik und Chemie enthalten sind, wie z. B. der Begriff des Lebens selbst."[138]

Heisenberg nutzt auch hier den Begriff der Komplementarität aus, der sicher in bestimmter Beziehung dem Verhältnis von Biologie und Physik gerecht wird. Er hebt vor allem hervor,

[137] Ebenda, S. 124 f.
[138] Ebenda, S. 126 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

daß einerseits physikalische und chemische Methoden notwendig sind, andererseits aber spezifisch biologische Begriffe existieren. Der Mangel besteht jedoch in der ungenügenden Ausarbeitung der wirklichen Beziehungen zwischen den verschiedenen Bereichen. Die Formulierung von einerseits und andererseits bei der Erforschung des Lebens bringt zuwenig über das Verhältnis von Physik und Chemie zur Biologie zum Ausdruck. Dazu ist es notwendig, die Modifikation zu zeigen, die chemische und physikalische Prozesse im Organismus durchmachen. Wenn es Grenzen für die Anwendung von physikalischen und chemischen Methoden gibt, abgesehen von der Anwendung solcher Methoden, die den Organismus zerstören würden, dann müßten diese Grenzen aufgedeckt werden. Mit dem Begriff der Komplementarität wird also eine erste grobe Charakteristik des Verhältnisses von physikalischen und chemischen zu biologischen Prozessen gegeben; die weitere Erforschung der Einheit der Welt in dieser Richtung wird jedoch noch viele Fragen zu beantworten haben.

Erfolgversprechend ist für Heisenberg die zweite Richtung bei der Erforschung der einheitlichen Materie: „Insoweit haben wir also die Analyse der Struktur der Materie in einer Richtung verfolgt, vom Atom zu komplizierteren Strukturen, die aus vielen Atomen bestehen; von der Atomphysik zur Physik der festen Körper, zur Chemie und schließlich zur Biologie. Nun müssen wir uns in die entgegengesetzte Richtung wenden und die Forschungslinie verfolgen, die von den äußeren Teilen des Atoms zu den inneren Teilen und vom Atomkern schließlich zu den Elementarteilchen führt. Nur diese zweite Linie wird uns möglicherweise zu einem Verständnis der Einheit der Materie leiten. Hier braucht man sich nicht davor zu fürchten, charakteristische Strukturen durch die Versuche selbst zu zerstören. Wenn die Aufgabe gestellt ist. die prinzipielle Einheitlichkeit der Materie durch Versuche nach-[153]zuprüfen, so können wir die Materie den stärksten möglichen Kräften aussetzen, sie den extremsten Bedingungen unterwerfen, um zu sehen, ob letzten Endes Materie in irgendwelche andere Materie umgewandelt werden kann.“[139]

Die Forschung in dieser Richtung machte uns mit vielen neuartigen Zügen der Struktur der Materie bekannt, auf die wir schon verwiesen haben. Denken wir nur noch einmal an Antiteilchen, Resonanzen und die verschiedenen Formen der Wechselwirkung. Die Erforschung der Einheit der Materie erfolgte durch die Beobachtung der kosmischen Strahlung im „Laboratorium Kosmos“ und den Bau mächtiger Beschleuniger. Die Beobachtung der kosmischen Strahlung war notwendig, weil durch die einzelnen dort vorhandenen Energien Teilchen beschleunigt werden sowohl auf der Oberfläche von Sternen als auch durch Magnetfelder zwischen den Sternen hindurch, wodurch dem Physiker wichtige Resultate über beschleunigte Teilchen erschlossen werden konnten. Größere Bedeutung hat aber die durch Beschleuniger mögliche gelenkte Anwendung von beschleunigten Teilchen zum Beschuß von Kernen, um die Reaktionen der Elementarteilchen festzustellen. Dabei wird eine Vielzahl neuer Elementarteilchen mit zum Teil sehr kurzer Lebensdauer entdeckt. Heisenberg schreibt dazu: „Diese Ergebnisse scheinen im ersten Augenblick wieder von dem Gedanken an die Einheit der Materie wegzuführen, da die Zahl der fundamentalen Bausteine der Materie scheinbar wieder bis zu Werten zugenommen hat, die vergleichbar sind mit der Zahl der verschiedenen chemischen Elemente. Aber dies wäre keine angemessene Deutung des Sachverhalts. Die Versuche haben ja gleichzeitig gezeigt, daß die Teilchen aus anderen Teilchen entstehen und in andere Teilchen verwandelt werden können, daß sie einfach aus der kinetischen Energie solcher Teilchen gebildet werden und eben wieder dadurch verschwinden können, daß andere Teilchen aus ihnen entstehen. Also in anderen Worten: die Versuche haben die völlige Verwandelbarkeit der Materie gezeigt. Alle Elementarteilchen können in Stößen hinreichend hoher Energie in andere Teilchen umgewandelt oder einfach aus kinetischer Energie erzeugt werden, und sie können sich in Energie z. B. in Strahlung, verwandeln. Daher haben wir hier tatsächlich den endgül-

[139] Ebenda, S. 127.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

tigen Beweis für die Einheitlichkeit der Materie. Alle Elementarteilchen sind aus demselben Stoff gemacht, den wir nun Energie oder universelle Materie nennen können; sie sind nicht nur verschiedene Formen, in denen Materie erscheinen kann.“[140]

[154] Hier wird der Fortschritt in der Heisenbergschen Auffassung zur objektiven Realität deutlich, der mit seinen Arbeiten zu einer einheitlichen Elementarteilchentheorie verbunden ist. Die Elementarteilchen werden als verschiedene Formen der Materie aufgefaßt, die sich ineinander umwandeln können, wodurch die Einheit der Welt gewährleistet wird. Hieran schließt nun Heisenberg den für seine Konzeption zur einheitlichen Elementarteilchentheorie wesentlichen Gedanken an, daß die Teilchen alle aus einem einheitlichen Baustoff bestünden, der universelle Materie, Stoff oder Energie genannt werden könnte.

Er formuliert die Aufgabe, die darin besteht, die qualitativen Aussagen von der Einheit der Welt in einer Theorie auszudrücken: „Die moderne Physik kann sich natürlich mit einer nur qualitativen Beschreibung der grundlegenden Struktur der Materie nicht zufrieden geben; sie muß versuchen, auf der Grundlage sorgfältig durchgeführter Experimente zu einer mathematischen Formulierung der Naturgesetze vorzudringen, die die Formen der Materie, nämlich die Elementarteilchen und ihre Kräfte, bestimmen. Eine klare Unterscheidung zwischen Materie und Kraft oder zwischen Kraft und Stoff kann in diesem Teil der Physik nicht mehr gemacht werden, da jedes Elementarteilchen nicht nur selbst Kräfte hervorbringt und durch Kräfte beeinflußt wird, sondern da es zur gleichen Zeit selbst ein gewisses Kraftfeld repräsentiert. Der quantentheoretische Dualismus zwischen Wellen und Teilchen bewirkt, daß dieselbe Realität sowohl als Materie als auch als Kraft in Erscheinung tritt.“[141]

Hier wird neben der für Heisenbergs Ansatz bestimmenden Auffassung von der Einheit der Welt auch noch auf die Einheit der Materie und Bewegung verwiesen und die Aufgabe gestellt, die Bewegung aus der Materie selbst heraus zu erklären. Heisenberg erörtert dann die Probleme neuer Raum-Zeit-Beziehungen, die mit der Einführung einer neuen Konstante, der Elementarlänge, verbunden sind, und die Rolle der Symmetrien in der Elementarteilchentheorie. Hier soll uns jetzt jedoch nur Heisenbergs Haltung zur objektiven Realität interessieren.

In den Bemerkungen zum Einsteinschen Entwurf einer einheitlichen Feldtheorie bringt Heisenberg den Gedanken zum Ausdruck, den wir immer wieder bei ihm finden und der die Grundlage für seine Bemerkungen darstellt: Eine einheitliche Feldtheorie der Natur ist möglich wegen der Umwandlung der Teilchen ineinander. Alle Elementarteilchen bestehen aus derselben Substanz, die wir Energie oder Materie nennen. Ihre Struktur und [155] ihre Fähigkeiten zur Umwandlung müssen sich aus einem einfachen Gesetz für die Materie ergeben.[142]

Damit können wir die mit der Entwicklung der Elementarteilchentheorie verbundene Auffassung zur objektiven Realität von Heisenberg als eine implizite Annäherung an den dialektisch-materialistischen Materiebegriff für den physikalischen Bereich werten. Es werden nicht nur die objektive Realität der Teilchen und ihre notwendige experimentelle Erforschung betont, sondern auch die materielle Einheit der Welt hervorgehoben. Dabei hat die von Heisenberg mit Hilfe seiner nichtlinearen Spinortheorie durchgeführte physikalische Konzeption von der Einheit der Welt noch nicht den Beweis für ihre Richtigkeit geliefert. Wir haben auch schon darauf verwiesen, daß es heute noch andere Ansätze gibt, um die Einheit der Welt im Bereich der Elementarteilchen zu erfassen. Es können auch bisher unvorhergesehene Neuentwicklungen zu anderen Konzeptionen führen. Trotzdem bleibt der Kern der Heisenberg-

[140] Ebenda, S. 131.
[141] Ebenda, S. 132.
[142] W. Heisenberg, Bemerkungen zum Einsteinschen Entwurf einer einheitlichen Feldtheorie. In: Einstein und die Entwicklung des physikalisch-mathematischen Denkens, Moskau 1962 (russ.), S. 64.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

schen Gedanken zur Einheit der Welt bestehen. Einen Mangel besitzt jedoch seine allgemeine Materieauffassung. Er bindet mit seinem Begriff der universellen Materie den Materiebegriff wieder an physikalische Eigenschaften und erneuert damit im modernen Gewand die Annahme von der Existenz einer Urmaterie.

Die Annahme einer Urmaterie bringt so lange keine Schwierigkeiten mit sich, solange man sie nicht verabsolutiert. Eine Verabsolutierung würde die möglichen weiteren Strukturelemente der heutigen Elementarteilchen negieren und den Materialismus wieder an die Eigenschaften dieser Urmaterie binden. Zweifellos gibt es bestimmte Grundzustände, die als Grundbausteine in einem materiellen Bereich fungieren: Da sind z. B. die chemischen Elemente für die chemischen Reaktionen, oder die Elementarteilchen, eventuell die Fundamentalteilchen im Bereich der Mikrophysik. Aber die Verabsolutierung zu letzten Grundbausteinen sollte nicht vorgenommen werden. Das wäre eine vorzeitige Extrapolation. Schlüsse ähnlicher Art sind bisher stets widerlegt worden. Der Materialismus ist nicht an die Anerkennung von Grundbausteinen der Materie oder an bestimmte physikalische Eigenschaften gebunden, sondern nur an die Anerkennung der außerhalb und unabhängig von unserem Bewußtsein existierenden objektiven Realität. In Beziehung dazu kann die Heisenbergsche Materieauffassung als heuristisches Prinzip für die weitere Forschung betrachtet werden, obwohl sie als philosophische Konzeption die erwähnten Mängel aufweist.

[156] Heisenbergs Auffassung zur objektiven Realität wandelte sich mit der Entwicklung der Physik, der Kritik der positivistischen Gedanken in seinen Auffassungen durch dialektische Materialisten und naturwissenschaftliche Materialisten unter den Physikern. Die von ihm gestellte Aufgabe ist die Erforschung der Struktur der Materie und das theoretische Begreifen der Einheit der Welt im Elementarteilchenbereich. Dazu wird die zukünftige Physik noch viel Material liefern, das neuer philosophischer Betrachtung bedarf. [157]

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

III. DETERMINISMUS ODER INDETERMINISMUS?

In den Vorträgen Heisenbergs, die er nach der Ausarbeitung der Quantenmechanik und der Aufstellung der Unbestimmtheitsrelationen hielt, spielte, wie wir im ersten Kapitel sahen, die Determiniertheit physikalischer Prozesse eine große Rolle. Die Diskussion wurde um die Gültigkeit des Kausalprinzips geführt und mündete in der Frage: Determinismus oder Indeterminismus? Diese Frage war jedoch nicht leicht zu beantworten, da einerseits für viele Physiker der Determinismus mit dem mechanisch-materialistischen Standpunkt zur Determiniertheit der Prozesse identisch war und deshalb Indeterminismus in erster Linie Ablehnung des mechanischen Determinismus bedeutete. Andererseits waren aber die Termini Determinismus und Indeterminismus philosophisch vorbelastet. Dieser terminologische Wirrwarr, der auch heute noch nicht völlig aus den Diskussionen ausgeschaltet ist, brachte Max Born in folgende kuriose Situation: Als die ersten Arbeiten zur statistischen Deutung der Quantenmechanik erschienen waren, kam ein Anhänger des Spiritismus zu ihm, der ihm okkultistische Broschüren brachte und ihn für reif hielt, zum Spiritismus bekehrt zu werden.[143] Es ist die Anerkennung von ursachelosen Vorgängen, von göttlichen oder anderen Wundern, die die indeterministische philosophische Richtung auszeichnet. Fast könnte man den Spiritisten verstehen, der Bundesgenossen unter den Naturwissenschaftlern sucht, die den Standpunkt vertreten, die Kausalität gelte im Naturgeschehen nicht mehr, der Determinismus sei zusammengebrochen. Spiritismus und Naturwissenschaft würden in enge Nachbarschaft gebracht sein, wenn nicht der Spiritist auf Worte hereingefallen wäre. Mit der Anerkennung des Indeterminismus will der Physiker keineswegs auch jede Verursachung der Prozesse ablehnen. Born meint: „Aber eine Philosophie, die nicht nur den Determinismus, sondern damit zugleich auch jede Verursachung ablehnt, scheint mir ebenso absurd zu sein.“[144] Born fordert, daß Ansichten, die zwischen Fachgelehrten geäußert werden, die wissen, worum es geht, nicht benutzt werden sollten, sobald sie Mißverständnisse hervorrufen können, um jüngeren Wissenschaftlern Forschungsergebnisse zu vermitteln. Das ist für ihn der Fall, wenn man die kausale Naturerklärung als undurchführbar ansieht.[145]

Offensichtlich kann der Streit um Worte tatsächlich nicht weiter helfen. Wir schließen uns Borns Meinung an, den Kern der Probleme zu diskutieren und möglichst keine Formulierungen zu benutzen, die von vornherein schon das eigentliche Problem verdecken. Trotzdem hatte das philosophische [158] Engagement der Begriffe Determinismus und Indeterminismus das Interesse der Öffentlichkeit an den philosophischen Problemen der Physik geweckt. Es wurde an weltanschaulichen Grundpositionen gerüttelt, die mancher für unerschütterlich gehalten hatte. Fragen nach der möglichen Voraussagbarkeit von Bahnen für physikalische Objekte, nach der Willensfreiheit des Elektrons bis hin zum Freiheitsproblem in der Gesellschaft wurden im Zusammenhang mit den Entdeckungen der Physik gestellt.

Das Interesse war groß. Planck sagte in einem Vortrag zum Thema: Determinismus oder Indeterminismus?: „Ist alles, was in der Welt geschieht, im voraus bis auf jede Einzelheit festgelegt, determiniert, oder ist es nicht determiniert? Anders gesprochen: Bestehen für den Ablauf der Ereignisse in der Natur und im Geistesleben ganz bestimmte Gesetze, oder herrscht bei ihnen, wenigstens bis zu einem gewissen Grad, Zufall, Willkür, Freiheit, oder wie man das nennen will? Wenn jemand eines Tages vom Blitz getroffen wird, oder wenn jemand das große Los gewinnt, ist das schicksalhafte Vorherbestimmung und daher eherne Notwendigkeit oder ist es blinder Zufall? Oder wenn jemand sich von einem hohen Turm herabstürzt, wird er da von einem inneren Zwang getrieben, oder handelt er aus selbständigem freiem Entschluß? Das sind Fragenkomplexe, welche von jeher die Philosophen aller Zeiten und Völker beschäftigt

[143] M. Born, Physik im Wandel meiner Zeit, Braunschweig 1958, S. 35 f.
[144] Ebenda, S. 104.
[145] Ebenda.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

haben und die heute gerade für die exakte Naturwissenschaft wieder erneutes Interesse in Anspruch nehmen.“[146]

Auch heute sind diese allgemeinen weltanschaulichen Fragen Gegenstand vieler Diskussionen. Vor allem interessiert der Beitrag, den die Physik zum Verständnis der erwähnten Probleme tatsächlich geleistet hat. Das ist heute deshalb leichter festzustellen, weil die Gemüter sich beruhigt haben und die Wogen der ersten theoretischen Auseinandersetzungen geglättet sind. Die Quantenmechanik und mit ihr die Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen sind längst selbstverständlicher Bestandteil des Physikstudiums. Zwar gibt es auch heute noch hin und wieder Diskussionen um die Determinismusproblematik, aber doch mehr, um neue Aspekte zu sehen. Manchmal spielen uns aber auch die alten terminologischen Unklarheiten wieder einen Streich, wenn dem Vertreter des dialektischen Determinismus vorgeworfen wird, er sei mechanischer Determinist. Um uns nicht weiter um Worte zu streiten, deren Inhalt erst geklärt werden muß, wollen wir uns den Auffassungen der Kopenhagener Deutung der Quantentheorie zur Determinismusproblematik zuwenden. Vorher soll aber noch einmal betont werden, daß für viele der heute durchgeführten philosophischen Diskussionen die Kenntnis [159] des Streits uns die Kopenhagener Deutung von Interesse ist. Einer der Hauptvertreter dieser Physikergruppe war, wie wir schon wissen, Heisenberg.

1. Die Kopenhagener Deutung der Quantenmechanik

Wir haben bereits im zweiten Abschnitt des ersten Kapitels wesentliche Seiten der Kopenhagener Deutung der Quantentheorie erläutert. Ihre physikalische Grundlage sind die Quantenmechanik, insbesondere mit den Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen, und die statistische Deutung der Quantenmechanik, wonach wir bei unseren Voraussagen für das Verhalten der Mikroobjekte aus der Theorie nur noch Wahrscheinlichkeitsaussagen erhalten. Es wird deshalb die Frage aktuell, in welchem Verhältnis die statistischen Gesetze der Quantenmechanik zu den dynamischen Gesetzen der klassischen Mechanik, in welcher Beziehung Kausalität und Determinismus zu einer philosophischen Deutung der Quantenmechanik stehen.[147] Wir haben die Auffassungen Heisenbergs dazu angeführt. Wir wollen sie hier noch einmal zusammenfassend hervorheben, um damit einen Ausgangspunkt für unsere weiteren Betrachtungen zu gewinnen.

Erstens verweisen die objektive Existenz der Welle-Korpuskel-Eigenschaften von einheitlichen Objekten und die Aufstellung der Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen auf die komplizierte Bewegung physikalischer Objekte. Die für den klassischen Determinismus wesentliche gleichzeitige Bestimmung von Ort und Impuls eines physikalischen Körpers erwies sich als unmöglich, weshalb die Voraussetzung für eine exakte und vollständige Voraussage eines Einzelereignisses wegfiel.

Zweitens wurde die theoretische Situation durch die Komplementaritätsthese von Niels Bohr beschrieben, die das gleichzeitige Vorhandensein von entgegengesetzten Eigenschaften, Verfahrensweisen usw. ausschloß. So schlossen sich die gleichzeitige Orts- und Impulsbestimmung ebenso aus wie die raum-zeitliche und die kausale Beschreibung der Bahn eines physikalischen Objekts. Diese These wurde auch auf andere Bereiche ausgedehnt, so daß sich danach die mechanische Einwirkung auf das Leben und die Erforschung des Lebens mit spezifisch biologischen Methoden ausschlossen, da mechanische Einwirkung Leben schädige oder sogar abtöte.

---

[146] M. Planck, Determinismus oder Indeterminismus?, Leipzig 1952, S. 4.

[147] Diese Problematik wird ausführlich im Buch des Verfassers „Atome, Kausalität, Quantensprünge“ behandelt. Eine Reihe wesentlicher philosophischer Probleme, die dort behandelt werden, soll hier nicht ausführlich dargelegt werden.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Drittens wurde die Existenz statistischer Gesetze, die Notwendigkeit von Wahrscheinlichkeitsaussagen, nicht als vorübergehende Unkenntnis der Wis-[160]senschaft, sondern als endgültig angesehen. Damit sprach man der Quantenmechanik berechtigt den Status einer wissenschaftlichen Theorie zu, die objektive Sachverhalte erfaßt und nicht etwa nur gegenwärtige Unkenntnis über die Bewegung der Quantenobjekte zum Ausdruck bringt. Diese Feststellung betrifft nicht die notwendige Weiterentwicklung der physikalischen Theorie, die zu einer Vertiefung unseres Wissens über die Mikroobjekte führt, aber unsere bisherigen Erkenntnisse nicht als falsch nachweisen kann.

Aus diesen Feststellungen ergibt sich die Notwendigkeit, das Verhältnis von Kausalität und Determinismus in der Kopenhagener Deutung der Quantentheorie zu untersuchen. Wesentlich dafür ist, daß die Kopenhagener Deutung stets eine gewisse philosophische Breite aufwies, die von extrem positivistischen und subjektiv-idealistischen Äußerungen wie etwa bei Jordan bis hin zu materialistischen Standpunkten wie etwa bei Born reichte. Diese ständig vorhandene Uneinheitlichkeit der Kopenhagener Deutung wird durch die Entwicklung der philosophischen Standpunkte einzelner Vertreter ergänzt. Auch Heisenberg vertrat nicht immer den gleichen philosophischen Standpunkt, wie seine Auffassung zur objektiven Realität zeigte.

Uns geht es deshalb auch in erster Linie um die mit den Grundstandpunkten der Kopenhagener Deutung verbundenen echten philosophischen Probleme, die besonders bei Heisenberg eine Rolle spielten.

In den ersten Äußerungen Heisenbergs zur Determinismusproblematik finden wir schon die für die Kopenhagener Deutung der Quantentheorie charakteristische Betonung von der Ungültigkeit des Kausalgesetzes, von der Bedeutung der Komplementaritätsthese und von der großen Rolle der statistischen Gesetze. Dabei war die Diskussion noch durch die ablehnende Haltung bestimmt, die Physiker wie Einstein und Planck zu diesen philosophischen Äußerungen und auch zu einigen physikalischen Schlußfolgerungen einnahmen. Um die Bedeutung der neuen Idee noch besser zu betonen, polemisierte Heisenberg damals auch gegen die Anerkennung objektiv-realer Elementarteilchen. Das sind Auswirkungen des Positivismus, der in dieser Zeit auch Einfluß auf das Denken Heisenbergs hatte. Spuren des logischen Positivismus lassen sich, wie Born betont, auch in den grundlegenden Veröffentlichungen Heisenbergs nachweisen.[148] Es war damals und es ist auch heute noch schwierig, die echten Probleme von den Scheinproblemen zu trennen. Obwohl sich der Positivismus gerade mit der Beziehung von sinnvollen und sinnlosen Fragestellungen befaßte, half er doch nicht bei der Klärung des Determinismusproblems weiter.

[161] Eine wesentliche Aufgabe der Philosophie besteht darin, die von Naturwissenschaftlern benutzten Begriffe für verschiedene Seiten des Kausalzusammenhangs zu systematisieren, aber das reicht nicht aus. Der logische Positivismus bemühte sich vor allem um die adäquaten symbolischen Ausdrücke für diese verschiedenen Kausalbegriffe. Wichtig jedoch ist die philosophische Deutung des durch die Physik gelieferten neuen Materials zur Erkenntnis verschiedener Formen des objektiven Zusammenhangs. Dabei wird sich der mechanische Determinismus als überholt und der klassische Kausalbegriff als ungeeignet erweisen, die Ergebnisse der modernen Physik philosophisch zu erfassen. Logische Analysen, wie sie Positivisten durchführten, sind zwar notwendig, sie dürfen aber nicht das echte Problem, den wirklichen Erkenntnisfortschritt verdecken, der in der Überwindung des mechanischen Determinismus, im Übergang zum dialektischen Determinismus besteht. Dieser komplizierte Übergang zur dialektisch-materialistischen Denkmethode in der modernen Physik wird von den logischen Positivisten nicht analysiert.

In seinem Vortrag zur Verleihung des Nobelpreises schildert Max Born den Zusammenhang der Leugnung objektiv-realer Teilchen mit dem Indeterminismus, als er über die Bedeutung der

[148] M. Born, Physik im Wandel meiner Zeit, S. 41.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen sprach: „Erst dadurch wurde der umwälzende Charakter der neuen Auffassung klar. Es zeigte sich, daß nicht nur der Determinismus der klassischen Physik aufgegeben werden mußte, sondern auch der naive Realitätsbegriff, der die Partikel der Atomphysik so auffaßte, als seien sie äußerst kleine Sandkörnchen. Ein Sandkörnchen hat in jedem Augenblick eine bestimmte Lage und Geschwindigkeit. Für ein Elektron ist das nicht der Fall; wenn man die Bestimmung der Lage immer genauer macht, wird die Bestimmbarkeit der Geschwindigkeit immer schlechter, und umgekehrt.“[149] Sinnvoll ist die Frage nach der Gültigkeit oder Ungültigkeit des klassischen Determinismus, wie Born richtig betont. Sinnlos ist die Forderung nach gleichzeitiger Bestimmung von Ort und Impuls der Elementarteilchen, wenn die Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen gelten. Der rationelle Kern der Bornschen Äußerungen besteht vor allem in der Anerkennung des qualitativen Unterschieds zwischen Sandkörnern und Elektronen, zwischen Mikro- und Makrophysik. Jedoch wurde nicht immer so klar wie bei Born von klassischer Determinismusauffassung, von klassischer Kausalität usw. gesprochen, um deutlich zu machen, daß man nicht die Kausalität überhaupt ablehne.

Mit der Begründung der Quantenmechanik wurde eine Tendenz der Wissenschaftsentwicklung deutlich, die heute immer mehr hervortritt. Es ist der [162] Übergang von der einfachen Kausalbetrachtung zur Untersuchung vielfältiger Gesetzestypen. Die Auffassung, daß die Welt aus isolierten Kausalreihen aufgebaut sei, die man einzeln erkennen könnte, hatte schon vor dem 20. Jahrhundert viele Gegner in den Reihen der Wissenschaftler, die sich nicht mit Physik, sondern mit Biologie, Psychologie, gesellschaftlichen Problemen usw. befaßten, gefunden. Schwerwiegend war jedoch der Schlag, den die Physik des 20. Jh. gegen den mechanischen Determinismus führte. Galt doch die Physik bis zum Ende des 19. Jh. für viele Wissenschaftler als das Ideal einer wissenschaftlichen Theorie. Bei der Bestimmung des Anfangszustands eines physikalischen Körpers durch die gleichzeitige Angabe von Ort und Impuls konnte mit Hilfe der Differentialgleichungen der klassischen Mechanik jeder zukünftige Zustand exakt berechnet werden. Daraus konnte man folgendes vereinfachte Weltbild konstruieren: Alles kann auf die Ortsveränderung qualitativ identischer kleinster Teilchen zurückgeführt werden. Die Bewegung dieser Teilchen ist vorausbestimmt und kann mit Hilfe der klassischen Mechanik erfaßt werden. So wäre ein Dämon, wie Laplace meinte, der alle Orte und Impulse zu einem bestimmten Zeitpunkt kennen würde und in der Lage wäre, die Differentialgleichungen zu lösen, fähig, alle zukünftigen Ereignisse exakt vorauszusagen. Dieses Bild, auf den Menschen übertragen, ließ die Lösung des Freiheitsproblems nicht mehr zu. Der Mensch war danach ein Automat, der mit der Regelmäßigkeit eines Uhrwerks die vorgeschriebenen Aktionen vollführt. Man kann sich deshalb das Aufatmen mancher Denker vorstellen, mit dem sie die Behauptung der Quantenphysiker begrüßten, die Kausalität gelte im physikalischen Bereich nicht uneingeschränkt. So meinte Max Born: „Vom Standpunkt der Mechanik aus ist die Welt ein von Anbeginn an determinierter Automat ohne jegliche Freiheit. Ich bin niemals ein Freund dieses extremen Determinismus gewesen und bin froh, daß sich die moderne Physik von ihm gelöst hat. Aber nicht jeder ist dieser Meinung.“[150]

Wir sehen also, daß mit der Betrachtung der Determinismusproblematik in der Physik doch eine Vielzahl anderer Beziehungen mitgesetzt ist. Das Für und Wider in der philosophischen Auseinandersetzung um die Quantenmechanik wird durch den Einfluß positivistischer Ideen anfangs modifiziert. Die weltanschauliche Haltung einzelner Physiker bestimmt ihren Platz in diesem Streitgespräch um eigentlich physikalische Probleme, wie es die Anwendung statistischer Gesetze ist. Auch rührt die Determinismusproblematik direkt an dem Grundinteresse jedes Menschen, an seiner Freiheitsauffassung. Nimmt man noch hinzu, daß Philosophie und Weltanschauung klassengebun-[163]den sind, also gesellschaftliche Kräfte repräsentieren, die

[149] Ebenda, S. 179.
[150] Ebenda, S. 47.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

mit Machtpositionen versehen sind, sich für die eine oder andere Philosophie einzusetzen, dann kann man verstehen, wieso die moderne Physik so viel Diskussionsstoff für philosophische Auseinandersetzungen über den Zeitraum von mehreren Jahrzehnten lieferte.

Von verschiedenen Seiten wurden in dieser Diskussion unscharfe Begriffsbildungen und unklare Formulierungen zur Begründung von idealistischen Standpunkten herangezogen, die mit den Ergebnissen der Physik nichts mehr zu tun hatten. So wurde auf einer Tagung des Verbandes (west)Deutscher Ingenieure vor wenigen Jahren zu den Unbestimmtheitsrelationen ausgeführt: „Diese Beziehung setzt somit unserem Erkenntnisvermögen im Bereich des atomaren Geschehens eine untere, unüberschreitbare Grenze.“ Daraus wird dann gefolgert: „Aus der Einsicht aber, daß auch unserem Erkennen wohl für alle Zeiten letzte Grenzen gesetzt sind, erwächst für viele unter uns der Glaube an eine überirdische Macht, die die Geschicke dieser Welt in ihren Händen hält.“[151]

Gegen diese unphilosophischen Schlußfolgerungen gilt es das wirkliche Anliegen der Kopenhagener Deutung zu verteidigen. Sehen wir einmal von positivistischen Thesen ab, so geht es um die Kritik des klassischen Determinismus und um die Begründung der Bedeutung der statistischen Gesetze in der modernen Physik. Legt man diesen rationellen Ansatzpunkt zugrunde, so muß der dialektische Materialist über die einfache Negierung des klassischen Determinismus hinaus eine philosophische Position aufbauen, die einerseits den Ergebnissen der modernen Physik Rechnung trägt und andererseits idealistische Folgerungen ausschließt. Dabei müssen die allgemeinen philosophischen Fragen, die über die Physik hinausgehen, von der Philosophie gleich mitbeantwortet werden. Mit ihrem Beitrag zur Determinismusproblematik hat die moderne Physik interessante Probleme aufgeworfen, die direkt die Philosophie berühren.

Heisenberg stellte seiner Betrachtung über das Verhältnis von Atomphysik und Kausalgesetz, die er in seinem populärwissenschaftlichen Büchlein „Das Naturbild der heutigen Physik“ durchführt, folgende Bemerkungen voran: „Zu den interessantesten allgemeinen Wirkungen der modernen Atomphysik gehören die Veränderungen, die sich unter ihrem Einfluß am Begriff der Naturgesetzlichkeit vollzogen haben. Es ist in den letzten Jahren oft davon gesprochen worden, daß die moderne Atomphysik das Gesetz von Ursache und Wirkung aufhebe oder wenigstens teilweise außer Kraft setze, daß man also nicht mehr von einer naturgesetzlichen Bestimmtheit der Vorgänge im [164] eigentlichen Sinne reden könne. Gelegentlich wird auch einfach gesagt, das Prinzip der Kausalität sei mit der modernen Atomlehre nicht vereinbar. Nun sind solche Formulierungen stets unklar, solange die Begriffe Kausalität oder Gesetzlichkeit nicht genügend geklärt sind.“[152]

Wir schließen uns den Auffassungen an, daß die Klärung der Begriffe Kausalität und Gesetz erforderlich ist, und folgen deshalb den Ausführungen Heisenbergs, in denen er sich das Ziel stellt, die Begriffe zu erläutern, ihre Beziehung in der Atomphysik zu zeigen und von der Atomphysik der letzten Jahre zu sprechen.

Heisenberg hebt zuerst hervor, daß der Begriff der Ursache im Laufe der Zeit immer mehr eingeschränkt wurde. Man sprach in der Scholastik, im Anschluß an Aristoteles, noch von vier Formen der „Ursache“: von der causa formalis, der Aristotelischen Form oder, wie Heisenberg erläutert, der Ursache, „die man etwa heute als die Struktur oder den geistigen Gehalt einer Sache bezeichnen würde“[153]; der causa materialis, der Materie, des Stoffs, aus dem die Dinge bestehen; der causa finalis, dem Zweck der Sache; der causa efficiens, der hervorbringenden Ursache. Immer mehr wurde die causa efficiens in den Vordergrund geschoben. Es interessierte den Wissenschaftler in erster Linie, was eine bestimmte Wirkung hervorbringt. Aber

[151] Der Mensch im Kraftfeld der Technik, Düsseldorf 1955, S. 88 und 91.
[152] W. Heisenberg, Das Naturbild der heutigen Physik, S. 24.
[153] Ebenda.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

auch das aktive Moment des Hervorbringens verschwand aus der Betrachtung. Nehmen wir einen klassischen Körper, der sich von *A* nach *B* bewegt: Kennen wir zum Zeitpunkt t_0 den Ort *A* und die Geschwindigkeit des Körpers, dann wissen wir, wann er *B* erreicht und welche Geschwindigkeit er dort besitzt, auch wenn er mit anderen Körpern während seines Weges kollidierte. Damit wird das Gesetz für den Ablauf des Prozesses entscheidend, das als Differentialgleichung ausgedrückt wird. Ist *A*, der Ausgangszustand, die Ursache des Ablaufs und *B*, der Endzustand, die Wirkung des Ablaufs, dann ist das hervorbringende Verursachen als aktives Prinzip nicht berücksichtigt. Man könnte diese Art der Gesetze als Ablaufgesetze bezeichnen. Sie bestimmen aus einem Anfangszustand den zu erreichenden Endzustand, ohne etwas über den Mechanismus des Prozesses auszusagen, der vom Anfangs- zum Endzustand führt. Heisenberg schildert diese eingeengte Auffassung der Kausalität mit folgenden Worten: „So wurde allmählich der Satz von der Kausalität eingeengt und schließlich gleichbedeutend mit der Erwartung, daß das Geschehen in der Natur eindeutig bestimmt sei, daß also die genaue Kenntnis der Natur oder eines bestimmten Ausschnitts aus ihr wenigstens im Prinzip genügt, die Zukunft vorauszubestimmen. So war eben die Newtonsche Physik geartet, daß man aus dem Zustand eines Systems zu einer bestimmten [165] Zeit die zukünftige Bewegung des Systems vorausberechnen konnte. Die Anschauung, daß dies in der Natur grundsätzlich so sei, wurde vielleicht am allgemeinsten und verständlichsten von Laplace ausgesprochen in der Fiktion eines Dämons, der zu einer gegebenen Zeit die Lage und Bewegung aller Atome kennt und dann in der Lage sein müßte, die gesamte Zukunft der Welt vorauszuberechnen.“[154]

Diese Art der Abstraktion hatte für die Untersuchung klassischer Körper, wie sie von Galilei, Kepler, Newton u. a. durchgeführt wurde, volle Berechtigung. Es ist die idealisierende Betrachtungsweise, die dem Physiker half, Bewegungsgesetze zu finden. Ohne die vereinfachte Betrachtung eines Körpers im Massenpunktsystem, ohne die Abstraktion von den unwesentlichen Einwirkungen auf den frei fallenden Körper wäre die klassische Mechanik und damit der Fortschritt der Physik undenkbar. Erkenntnis erfordert Analyse und Abstraktion. Wer alles sehen könnte, würde gar nichts sehen, da ihm der universelle Zusammenhang der Prozesse unendlich viele Komponenten zeigen würde. Erst die Aussonderung wesentlicher Faktoren und relativ isolierter Objektsysteme hilft uns weiter. Wäre das nicht möglich, dann könnte man keine Wissenschaft betreiben. Würde man die ganze Kompliziertheit des Atoms erfassen wollen, dann müßte man erst den gesamten Kosmos kennen, da das Atom seine Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft nicht unabhängig von seiner Stellung im Kosmos, von äußeren Einwirkungen usw. hat. Eine konsequent durchgeführte Determinismusauffassung, die alle verursachten Wirkungen als gleichberechtigt betrachtet, würde zu der erschreckenden Einsicht führen, daß wir keine Wissenschaft betreiben könnten.

In unserer praktischen Tätigkeit arbeiten wir meist mit Voraussagen, die praktisch Gewißheit bedeuten, aber doch ihrem Wesen nach statistische Aussagen sind. Wir schließen eine Versicherung ab, weil wir nicht wissen, wann wir sterben. Wieviel Zufälle können dem Leben ein Ende setzen. Wir ziehen uns wärmere oder leichtere Kleidung an, obwohl wir nur abschätzen können, wie das Wetter wird. Wir planen unsere Wirtschaft nach statistischen Angaben usw. Oft vertreten wir die Auffassung, daß wir prinzipiell in der Lage sind oder sein werden, die statistischen Aussagen auf solche zurückzuführen, die uns eindeutig die zukünftigen Ereignisse bestimmen lassen. Solche Illusionen wurden früher auch durch die Physik genährt. Man gab zwar die Temperatur eines Systems an, war aber der Meinung, man könnte Bewegung und Lage aller Teilchen im Gas bestimmen.

[166] Schon Engels polemisierte, indem er als Beispiel die Erforschung einer Erbsenschote nannte, die statt vier oder sechs Erbsen fünf enthalte, gegen diese klassische Determinismusauffassung, die mit dem Fatalismus identisch ist. Er kritisierte die Leugnung des nicht durch

[154] Ebenda, S. 25.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

wesentliche Ursachen determinierten objektiven Zufalls.[155] Man könnte sich auf den Standpunkt stellen, daß die Gesamtheit der Bedingungen diesen Zufall determiniert. Aber praktisch kann man auch von der Determiniertheit des Zufalls absehen, weil tatsächlich der Ausdruck „durch die Gesamtheit der Bedingungen bestimmt“ die Einbeziehung des Verhaltens aller kosmischen Prozesse erforderte.[156]

Kann man das Wirken statistischer Gesetze nun nur aus der Unkenntnis der Menschen über ein bestimmtes System erklären? Die positive Beantwortung dieser Frage würde der Bedeutung statistischer Gesetze nicht voll gerecht. Man könnte zwar als Gedankenexperiment noch annehmen, daß es uns gelänge, Bewegung und Lage aller Teilchen eines Gases zu finden. Aber schon hier gäbe es vielerlei praktische Schwierigkeiten. Bezieht man nun die Ergebnisse der Quantenmechanik ein, so ist das überhaupt unmöglich, da die Unbestimmtheitsrelationen die gleichzeitige Bestimmung von Energie und Zeit, Ort und Impuls usw. ausschließen. Damit erhalten die statistischen Gesetze in der Physik prinzipielle Bedeutung. Der klassische Determinismus, den wir auch für die theoretische Deutung unseres praktischen Verhaltens benutzten, hat seine letzte Basis, die Physik, verloren. Im Denken vieler Menschen bedeutete das eine Umwälzung weltanschaulicher Grundstandpunkte. Ganz allgemein kann man formulieren: Den Glauben an eine durch die Wissenschaft auszuarbeitende mögliche allgemeine Welttheorie, aus der sowohl die Bewegung der Elementarteilchen als auch die gesellschaftlichen Prozesse in allen Einzelheiten vorausgesagt werden können, muß man prinzipiell aufgeben.

Die Materie ist stets komplizierter, als sie in unseren Theorien erfaßt werden kann. Es ist nicht einfache Unkenntnis, die man früher oder später beseitigen kann, sondern die unendliche Kompliziertheit der Materie setzt uns [167] Erkenntnisgrenzen, die wir zwar immer wieder überschreiten, aber nie vollständig beseitigen können.

Um uns vom Erkenntnispessimismus sofort abzugrenzen, möchten wir gleichzeitig hervorheben, daß es keine prinzipielle Erkenntnisschranke für das Eindringen in das *Wesen* der Prozesse gibt: Wenn wir aber dagegen polemisieren, daß wir Einzelereignisse völlig erkennen können, wenn wir die eindeutige Vorhersagbarkeit von Einzelereignissen mit allen ihren zufälligen Seiten ablehnen, so möchten wir zugleich unsere ständige Erweiterung der Kenntnisse über das Wesen der uns umgebenden Prozesse hervorheben. Zwar können wir nicht die exakte Bahn eines einzelnen Elementarteilchens bestimmen, aber wir kennen die (statistischen) Gesetze für das Verhalten der Elementarteilchen bei Erhaltung der Anzahl der Teilchen und untersuchen darüber hinaus die Gesetze für die Umwandlung der Teilchen ineinander. Nehmen wir ein Beispiel aus einem anderen Bereich: Wir kennen nicht die Gesetze für das Verhalten eines einzelnen Menschen, die es uns gestatteten, zu wissen, was er tun wird. Aber wir kennen die gesellschaftlichen Gesetze, die sich im Verhalten der Menschen als Tendenz durchsetzen. Wir erforschen die sozialen Prozesse mit soziologischen, psychologischen, ökonomischen und anderen Methoden und erhalten dadurch neue Einsichten auch in das Verhalten des einzelnen Menschen. Die Orientierung der Wissenschaft ist also nicht auf die kausale Erklärung des Einzelereignisses, sondern auf das Eindringen in das Wesen der Prozesse ausgerichtet. Wissenschaft will Gesetze erkennen. Sie will Voraussagen machen. Dabei wissen wir, daß diese Voraussagen nicht eindeutig sind, sondern Wahrscheinlichkeitscharakter besitzen und durch die Handlung und Entwicklung ständig korrigiert werden.

---

[155] F. Engels, Dialektik der Natur. In: K. Marx/F. Engels, Werke, Bd. 20, Berlin 1962, S. 487.

[156] Auch in früheren Arbeiten habe ich den Ausdruck „durch die Gesamtheit der Bedingungen bestimmt“ immer benutzt. Er ist eine Hilfe in der weltanschaulichen Auseinandersetzung mit der Auffassung von der Determiniertheit des Zufalls durch außerweltliche Ursachen. Man muß sich nur über die Komplexheit dieser Bedingungen klar sein. Praktisch, also durch die wissenschaftliche Analyse, kann man diesen Komplex nur auflösen, wenn man die Gesamtheit der Bedingungen in wesentliche und unwesentliche, notwendige und zufällige usw. differenziert. Das Wesen des dialektischen Determinismus besteht gerade darin, daß er einerseits keine außerweltlichen Ursachen anerkennt und andererseits keine Vorherbestimmtheit der Prozesse annimmt. Wir werden darauf noch eingehen.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Heisenberg lehnt den Determinismus ab, der die Welt aus vorherbestimmten Prozeßabläufen bestehend annimmt. Er schreibt: „Wenn man das Wort Kausalität so eng interpretiert, spricht man auch von ‚Determinismus' und meint damit, daß es feste Naturgesetze gibt, die den zukünftigen Zustand eines Systems aus dem gegenwärtigen eindeutig festlegen."[157] Das ist gerade die klassische Determinismusauffassung, deren Konsequenzen wir zu zeigen versuchten und die wir ebenfalls ablehnen, weil sie der wirklichen Kompliziertheit objektiver Prozesse nicht gerecht wird.

Diese Haltung dialektischer Materialisten dazu ist nicht neu. Wir hatten schon auf Engels' Kritik am klassischen Determinismus verwiesen.[158] Auch Lenin wendet sich gegen die vereinfachende Auffassung des klassischen Determinismus. Das wird vor allem bei seinem Studium von Hegels Logik und [168] den kritischen Anmerkungen deutlich, die er in den „Philosophischen Heften" dazu macht. Lenin hebt an mehreren Stellen hervor, daß die Kausalität nur „ein kleines Teilchen des universellen Zusammenhangs" ist. „Die Allseitigkeit und der allumfassende Charakter des Weltzusammenhangs" werden „durch die Kausalität nur einseitig, bruchstückweise und unvollständig zum Ausdruck gebracht". Nach Lenin sind Ursache und Folge „nur Momente der weltumfassenden gegenwärtigen Abhängigkeit, des (universellen) Zusammenhangs, der wechselseitigen Verkettung der Ereignisse, nur Glieder in der Kette der Entwicklung der Materie"[159]. Lenin hebt Hegels Behandlung des universellen Zusammenhangs hervor, die nicht bei der Kausalität stehenbleibt: „Wenn man bei Hegel über die Kausalität liest, so erscheint es auf den ersten Blick sonderbar, warum er sich bei diesem, bei den Kantianern so beliebten Thema so verhältnismäßig wenig aufhielt. Warum? Nun, deshalb, weil für ihn die Kausalität nur eine von den Bestimmungen des universellen Zusammenhangs ist, den er schon früher, in seiner ganzen Darlegung, weitaus tiefer und allseitiger erfaßte, stets und von allem Anfang an diesen Zusammenhang, die wechselseitigen Übergänge etc. etc. unterstreichend."[160]

Das drückt die Kompliziertheit einfacher deterministischer Betrachtungsweisen aus. Nicht alle Ereignisse lassen sich als Ursache-Wirkungs-Beziehungen allein betrachten. Betrachten wir die Temperaturen in einem Gasbehälter, dann ist sicher die Bewegung der Gasteilchen die Ursache für die bestimmte Temperatur. Aber kann man die Bewegung der Teilchen exakt bestimmen? Nein. Kann man die Ursachen für ganz bestimmtes Verhalten jedes einzelnen Teilchens exakt bestimmen? Ebenfalls nein. Es gibt jedoch im universellen Zusammenhang wesentliche und unwesentliche, allgemein notwendige, d. h. reproduzierbare und zufällige Beziehungen. Eine Reihe von allgemein notwendigen und wesentlichen Beziehungen, d. h. von Gesetzen, hilft uns bei der Erfassung weiterer Zusammenhänge. So kann man etwas über Druck, Temperatur und Volumen aussagen, man kennt Gesetze über die Temperaturschwankungen unter bestimmten Bedingungen usw. Ebenso wissen wir zwar nicht, wann ein Uranatom zerfällt und welche Ursachen zum Zerfall dieses Atoms führen, aber wir kennen die Halbwertszeit für den Zerfall einer großen Anzahl von Uranatomen. (Die zukünftige Wissenschaft wird sich nun nicht mit dem Zerfall eines einzelnen Atoms und seinen Ursachen beschäftigen, sondern den Mechanismus des Atomzerfalls überhaupt genauer erforschen, aber auch die Gesetze der Kernsynthese zu finden ver-[169]suchen, um zu gelenkten thermonuklearen Reaktionen zu kommen.) Nicht Kausalbetrachtungen über individuelles Verhalten, sondern die Aufdeckung der Gesetze für eine Gruppe von Prozessen hilft uns hier weiter.

Schon Aristoteles wollte mit seiner Vierteilung der Ursachen dem universellen Zusammenhang Rechnung tragen. Durch die notwendige Untersuchung von Ablaufgesetzen durch die

[157] W. Heisenberg, Das Naturbild der heutigen Physik, S. 25.
[158] Vgl. dazu auch: H. Hörz, Der dialektische Determinismus in Natur und Gesellschaft.
[159] W. I. Lenin, Philosophische Hefte. In: W. I. Lenin, Werke, Bd. 38, Berlin 1964, S. 149 ff.
[160] Ebenda, S. 82 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

klassische Physik ging der Reichtum der Aristotelischen Bestimmungen verloren. So interessierte die Massenpunktmechanik die causa materialis überhaupt nicht. Konnte man den physikalischen Körper als Massenpunkt behandeln, dann war seine Struktur Nebensache. Ähnlich verhielt sich auch noch die Quantenmechanik. Nur wurden jetzt die klassischen Ablaufgesetze durch die Wahrscheinlichkeitsgesetze ersetzt. Die weitere Untersuchung der Elementarteilchen führte jedoch zur Betrachtung von Umwandlungsprozessen, Reaktionskanälen usw., zur physikalischen Struktur der Materie, die auch in den Fynman-Diagrammen zwar eine mehr qualitative Beschreibung erfahren, welche aber eine quantitative Auswertung gestattet. Damit tritt neben der causa efficiens auch die causa materialis wieder mehr in den Vordergrund.

Mit den Übergangswahrscheinlichkeiten, die beispielsweise das Verhalten des Elektrons im Atom erfassen und sein gegenwärtiges Verhalten vom zukünftigen abhängig machen, könnte man Beziehungen zur causa finalis herstellen. Es geht dabei nicht um eine teleologische Interpretation von Naturprozessen durch die Angabe einer letzten Ursache. Aber die Quantenmechanik zeigte, daß physikalische Prozesse nicht nur nach dem Schema „auf *A* folgt *B*“ betrachtet werden können. Dabei handelt es sich nicht mehr um die causa finalis des Aristoteles, die in den Übergangswahrscheinlichkeiten ihren Ausdruck findet, sondern um die Wechselwirkung zwischen Anfangs- und Endzustand, der hier in die Betrachtung einbezogen wird. Auch das bedeutet schon ein Abgehen von der Vorherrschaft der hervorbringenden Ursache. Für den einzelnen bestimmten und zufälligen Vorgang, nehmen wir beispielsweise die Registrierung eines Teilchens auf einer Photoplatte, ist das Verhalten nicht durch den Anfangszustand allein bestimmt. Die Existenz der Photoplatte, also das Ziel der Bewegung, bestimmt das Verhalten mit. Man müßte sich hier gegen Aristoteles wenden, wenn angenommen würde, es gäbe eine immaterielle Kraft, die das Teilchen durch das Ziel seiner Bewegung beeinflusse. Nicht darum geht es aber, sondern darum, daß die Bewegung des Teilchens durch wesentliche und unwesentliche Bedingungen bis zum Auftreffen auf die Photoplatte bestimmt wird. Die wesentlichen Bedingungen führen uns zu Gesetzen, die wir in der Quantentheorie erkannt haben. Die unwesentlichen Bedingungen modifizieren das Verhalten des einzelnen Teilchens, wodurch es einerseits dem Gesetz zwar genügt, aber andererseits im [170] Rahmen des Gesetzes zufällige Abweichungen aufweist. Es geht also bei der Anerkennung der Vielfalt der Zusammenhänge darum, den vorliegenden Komplex von Kausal- und Wechselwirkungsbeziehungen in einem konkreten Fall nicht in Wirkungen hervorbringender Ursachen aufzulösen und damit alles auf die Frage nach der causa efficiens zu reduzieren.

Der Quantensprung eines Elektrons ist für den Quantenmechaniker im Sinne der causa efficiens ursachelos. Es gibt nicht wenige (oder gar nur eine) wesentliche Ursachen, die diesen Sprung hervorbringen und genau determinieren. Aber der Sprung ist da. Also muß er erfaßt werden. Man gibt deshalb die Übergangswahrscheinlichkeiten an. Auch bei vielen anderen Prozessen spielt das Ziel, das erreicht wird, der Endzustand, eine gewisse Rolle. In der klassischen Mechanik war nur der Ausgangszustand entscheidend für den Endzustand. Bei statistischen Betrachtungen in der Quantenmechanik ist es nicht möglich, zwischen einem durch einen Spalt geschickten Teilchenstrahl und der Verteilung auf einem Leuchtschirm eine solche klassische Beziehung herzustellen. Der Komplex von Bedingungen ist so kompliziert, daß Ausgangs- und Endzustand nur durch Wahrscheinlichkeitsaussagen verbunden sind.

Lenin löste sich auch von der vereinseitigten Auffassung der Ursache als bloß hervorbringender Ursache. Er schrieb: „Einerseits muß die Erkenntnis der Materie bis zur Erkenntnis (zum Begriff) der Substanz vertieft werden, um die Ursachen der Erscheinungen zu finden. Andererseits ist die wirkliche Erkenntnis der Ursache die Vertiefung der Erkenntnis von der Äußerlichkeit der Erscheinungen her bis zur Substanz.“[161] Um die Ursachen für das statistische Verhalten der Elementarobjekte zu finden, reicht es nicht aus, bei ihrer statistischen

[161] Ebenda, S. 78.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Deutung stehenzubleiben. Die Struktur der Teilchen, die vor sich gehenden Umwandlungsprozesse oder, um mit Aristoteles zu sprechen, die causa materialis muß erforscht werden. Die Aufdeckung der vor sich gehenden materiellen Prozesse, nicht nur ihre Bewegung, führt uns zu weiteren, vertieften Einsichten. Auch das bezeichnet Lenin als Ursache für bestimmte Erscheinungen. Existieren Zusammenhänge, die man durch statistische Betrachtungen feststellt, so sind die Ursachen dafür aufzudecken, indem man die Prozesse findet, die den Zusammenhang erst konstituieren.

Bei Heisenberg geht es um die durch die Quantenmechanik in der Physik neu geschaffenen Voraussetzungen zur Lösung des Determinismusproblems. In vielen Arbeiten untersucht er verschiedene Seiten dieses Problems. Aber immer wieder münden seine Antworten in der Behauptung: Man muß vom Determinismus grundsätzlich abgehen. Die rein negative Feststellung hilft jedoch nicht weiter, wollen wir nicht auch in die Lage Borns kommen, als Bundesgenossen für den Spiritismus erwogen zu werden.

[171] Heisenbergs Anteil an der philosophischen Diskussion um den Determinismus ist vor allem durch die klare Kritik der Voraussetzungen des klassischen Determinismus charakterisiert. Der Anfangszustand kann nicht exakt bestimmt werden. Das war aber die Voraussetzung für die weiteren Schlußfolgerungen. Vor allem leitete der klassische Determinist daraus die eindeutige Vorhersagbarkeit des zukünftigen Zustandes ab. Das war jedoch selbst nur eine Hilfsvorstellung, wie Born in einigen Arbeiten zeigte. Bereits in einer Rede vom Jahre 1928 verwies er darauf, daß Wahrscheinlichkeit und Statistik in der Physik bei Massenerscheinungen eine große Rolle gespielt haben. Diese Methoden betrachtete man jedoch „als Aushilfsmittel in Fällen, wo unsere Kenntnis der Einzelheiten nicht ausreicht“[162]. Born benutzt die Sage vom Apfelschuß Wilhelm Tells, um seinen Gedanken zu verdeutlichen. Tell rechnete damit, den Apfel auf dem Kopf seines Sohnes zu treffen, andernfalls hätte der nächste Pfeil Geßler gegolten. Hätte Tell aber den Befehl gehabt, ein Wasserstoffatom mit Hilfe eines α-Teilchens zu treffen und dazu statt der Armbrust die besten Laboratoriumseinrichtungen der Welt benutzen können, so hätte ihm seine Kunst doch nichts genutzt, „Treffer oder Nichttreffer wäre Zufall geblieben“[163]. Daran schließt Born folgende Feststellung: „Die Unmöglichkeit, alle Daten eines Zustandes exakt zu messen, verhindert die Vorherbestimmung des weiteren Ablaufs. Dadurch verliert das Kausalitätsprinzip in seiner üblichen Fassung jeden Sinn. Denn wenn es prinzipiell unmöglich ist, alle Bedingungen (Ursachen) eines Vorgangs zu kennen, ist es leeres Gerede, zu sagen, jedes Ereignis habe eine Ursache. Natürlich erhebt sich gegen diese Meinung Widerspruch von solchen, die im Determinismus einen wesentlichen Zug der Naturforschung sehen.“[164] Ebendiese Auffassung haben wir schon erläutert. Die unendliche Kompliziertheit der Zusammenhänge, die das Verhalten eines zufälligen Ereignisses determinieren, macht die Frage nach allen Bedingungen, die zum Zufall führten, sinnlos. Damit fällt die These, wie wir schon hervorhoben, daß jedes zufällige Einzelereignis einige oder wenige wesentliche Ursachen besitze. Für die Weltanschauung ist es jedoch wichtig, nicht die Determiniertheit der Ereignisse überhaupt aufzugeben. Selbst wenn wir prinzipiell nicht in der Lage sind, alle Bedingungen für zufällige Ereignisse zu reproduzieren, so halten wir doch an der Behauptung fest: Die Materie ist Ursache ihrer selbst. Sie bedarf keiner übernatürlichen Kräfte. Wir wenden uns also gegen eine außerweltliche, göttliche usw. Determiniertheit.

[172] Der Zufall ist ein Ereignis, das durch die Gesamtheit der Bedingungen bestimmt wird, aber prinzipiell nicht kausal betrachtet werden kann, da der Komplex der Bedingungen dafür unendlich kompliziert ist. Welche Bedeutung hat nun die Anerkennung dieser Art Determiniertheit des Zufalls außer der weltanschaulichen Entgegensetzung zum Idealismus? Das ist

[162] M. Born, Physik im Wandel meiner Zeit, S. 34.
[163] Ebenda.
[164] Ebenda.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

eine Frage, die wir beantworten müssen, wenn wir über den dialektischen Determinismus als die kritische Beachtung der rationellen Elemente der Kopenhagener Deutung sprechen. Zu ihnen gehörte vor allem die Anerkennung der Rolle der Statistik als wesentlicher Erkenntnismethode, die nicht lediglich ein Aushilfsmittel für prinzipiell erkennbare andere Zusammenhänge ist, die dem statistischen Verhalten zugrunde liegen. Zweitens ist es die Anerkennung des objektiven Zufalls, der nicht in eine Reihe von Kausalverbindungen aufgelöst werden kann. Der Zerfall eines Uranatoms, das Auftreffen eines Teilchens auf einen bestimmten Ort des Leuchtschirms nach dem Durchgang durch einen Spalt usw. sind objektive Zufälle, die in Gesetzen erfaßt werden, die das wahrscheinliche Verhalten des Einzelobjekts beschreiben. Drittens ist es die Ablehnung des klassischen Determinismus als einer verabsolutierten philosophischen Verallgemeinerung der Ergebnisse der klassischen Mechanik.

Zu diesem letzten Punkt wollen wir noch einige Bemerkungen machen, da die Auseinandersetzung mit dem klassischen Determinismus im Mittelpunkt der Kopenhagener Deutung steht. Es war vor allem Born, der den Gedanken weiterverfolgte, daß die klassische Mechanik selbst nicht in dem Sinne deterministisch sein könne, wie es in der Formulierung zum Ausdruck komme, der Endzustand müsse eindeutig aus dem Anfangszustand hervorgehen. Born stellte sich die Frage, ob die klassische Mechanik wirklich unter allen Umständen Vorherbestimmung erlaubt. Er äußerte daran berechtigte Zweifel: „Diese Zweifel werden verstärkt durch Betrachtung der kinetischen Gastheorie. Dort wird gewöhnlich gesagt, daß im Prinzip der Ablauf determiniert sei und daß nur die Unkenntnis des genauen Anfangszustandes einer großen Zahl von Molekülen die Einführung statistischer Betrachtungen nötige mache. Mir schien seit langem der erste Teil dieser Behauptung äußerst verdächtig. Betrachten wir den einfachen Fall eines beweglichen kugelförmigen Moleküls, das an vielen anderen unbeweglichen elastisch abprallt (eine Art dreidimensionalen Tivoli-Spieles). Eine sehr kleine Richtungsänderung der Anfangsgeschwindigkeit muß dann im Laufe der Zickzack-Bewegung zu großen Bahnänderungen führen; denn eine kleine Winkeländerung bewirkt immer größere Ortsabweichungen, und so muß es schließlich geschehen, daß eine ursprünglich getroffene Kugel verfehlt wird. Macht man die anfängliche Richtungsabweichung kleiner, so wird der Moment des Umschlagens der [173] Bahn in eine andere herausgeschoben, aber schließlich wird er doch eintreten. Fordert man Determiniertheit für alle Zeiten, so muß man jede, auch die kleinste Abweichung der Anfangsrichtung ausschließen. Hat das aber einen physikalischen Sinn? Ich bin überzeugt, daß es keinen Sinn hat, daß vielmehr Systeme dieser Art tatsächlich indeterminiert sind.“[165] Die Determiniertheit in der klassischen Physik ist eine Idealforderung, die zuträfe, wenn statt des betrachteten Körpers ein nicht ausgedehnter Massenpunkt, statt des Flecks ein Punkt, statt des Streifens eine Linie usw. vorhanden wären. Aber unsere klassischen Begriffe sind Abstraktionen von den wirklichen Körpern. Der objektive Zusammenhang wird vereinfacht. An die Stelle von Wahrscheinlichkeitsaussagen, die an Gewißheit grenzen, werden Aussagen mit Gewißheit gesetzt. Das kann in dem Bereich, wo sich Körper mit großer Masse und kleinen Geschwindigkeiten bewegen, nicht viel ausmachen. Dort kann man rechnen, als ob Abweichungen vom Impuls *p* und vom Ort *q* nicht existierten. In der Quantenmechanik geht das nicht. Dort gelten die Unbestimmtheitsrelationen. Damit fällt aber auch die philosophisch propagierte Möglichkeit, statistische Aussagen immer auf dynamische zurückführen zu können. Der Laplacesche Dämon existiert nicht. Er ist auch für die klassische Mechanik nur eine Verabsolutierung, die nicht voll die Kompliziertheit der von der klassischen Mechanik erfaßten Bewegungen zum Ausdruck bringt. Borns Feststellung zur statistischen Deutung der Quantenmechanik ist völlig berechtigt: „Scheint also die neue Theorie in der Erfahrung wohl fundiert, so kann man doch die Frage aufstellen, ob sie nicht in Zukunft durch Ausbau oder Vereinfachung wieder deterministisch gemacht werden kann. Hierzu ist zu sagen: Es läßt sich exakt mathematisch zeigen, daß der anerkannte Formalismus der Quantenmechanik keine

[165] Ebenda, S. 161 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

solche Ergänzung erlaubt. Will man also an der Hoffnung festhalten, daß der Determinismus einmal wiederkehren wird, so muß man die jetzt bestehende Theorie für inhaltlich falsch halten; bestimmte Aussagen dieser Theorie müßten experimentell widerlegbar sein. Der Determinist sollte also nicht protestieren, sondern experimentieren, um die Anhänger der statistischen Theorie zu bekehren.“[166]

Das, was Born in seiner Kritik am klassischen Determinismus mit den mathematischen Methoden der Statistik ausdrückt, hatte Engels im vergangenen Jahrhundert mit einfachen Gedankenexperimenten ebenfalls formuliert. Es geht um die Anerkennung des objektiven Zufalls. Engels schreibt: „Solange wir nicht nachweisen können, worauf die Zahl der Erbsen in der Schote beruht, bleibt sie eben zufällig, und mit der Behauptung, daß der Fall [174] bereits in der ursprünglichen Konstitution des Sonnensystems vorgesehen sei, sind wir keinen Schritt weiter. Noch mehr. Die Wissenschaft, welche sich daransetzen sollte, den casus (Fall) dieser einzelnen Erbsenschote in seiner Kausalverkettung rückwärts zu verfolgen, wäre keine Wissenschaft mehr, sondern pure Spielerei; denn dieselbe Erbsenschote allein hat noch unzählige andre, individuelle, also zufällig erscheinende Eigenschaften, Nuance der Farbe, Dicke und Härte der Schale, Größe der Erbsen, von den durch das Mikroskop zu enthüllenden individuellen Besonderheiten gar nicht zu reden. Die eine Erbsenschote gäbe also schon mehr Kausalzusammenhänge zu verfolgen, als alle Botaniker der Welt lösen könnten.“[167] Born bestätigt diesen Gedanken von Engels. Zwar unterscheiden sich klassische und Quantenmechanik in bezug auf die Existenz objektiver Zufälle nicht; aber durch die Existenz der Quantenmechanik wurde dem Physiker die Unhaltbarkeit des klassischen Determinismus erst deutlich. Trotzdem kommen immer noch neue Momente zur Determinismusauffassung hinzu.

Die Haltung dialektischer Materialisten zum mechanischen Determinismus erfordert eine zweifache Kritik, was leider oft ungenügend geschieht. Erstens gilt es nachzuweisen, daß der mechanische Determinismus eine einseitige philosophische Verallgemeinerung der Ergebnisse der klassischen Physik ist. Hier geht es um eine dialektisch-materialistische Kritik der Leugnung des objektiven Zufalls, um die Bedeutung der Statistik in der klassischen Mechanik, wie Born das zeigte, und um die Kritik der einseitigen klassischen Bewegungsauffassung. Die klassische Mechanik ist nicht undialektisch. Nur nährte sie, angeregt durch philosophische Verallgemeinerung, Illusionen über die eindeutige Vorhersagbarkeit und die völlige Vorherbestimmtheit der Ereignisse. Diese Kritik am mechanischen Determinismus führte bereits Engels durch, indem er den dialektischen Determinismus begründete.

Zweitens geht es um eine dialektisch-deterministische Deutung der Ergebnisse der modernen Physik, für die die Engelssche Dialektik von Notwendigkeit und Zufall nicht ausreicht.

Die philosophische Interpretation der Quantenmechanik wäre unzureichend, wollte man nur betonen, daß sich das Gesetz im zufälligen Verhalten des Einzelobjekts realisiert oder daß es nur wesentliche Seiten des Einzelprozesses ausdrückt und vom zufälligen Verhalten abstrahiert. Auch Born hebt hervor, daß es nicht „die Einführung der indeterministischen, statistischen Beschreibung (ist), was die Quantenmechanik von der klassischen Mechanik abhebt, sondern andere Züge, vor allem die Auffassung der Wahrscheinlichkeitsdichte als Quadrat einer Wahrscheinlichkeitsamplitude“[168]. Um [175] diese Seite ausarbeiten zu können, muß man eine neue philosophische Auffassung zur Determiniertheit physikalischer Objekte begründen. Ansätze dazu finden wir in Heisenbergs Arbeiten in der Entwicklung der Begriffe Faktisches, potentielle Wirklichkeit und Möglichkeit. Er schreibt: „Die einander scheinbar widersprechenden Bilder, die sich in der Deutung atomphysikalischer Experimente ergaben, führten zunächst dazu, den Begriff der ‚Möglichkeit‘, der nur ‚potentiellen Wirklichkeit‘ zum

[166] Ebenda, S. 35.
[167] F. Engels, Dialektik der Natur, a. a. O., S. 488.
[168] M. Born, Physik im Wandel meiner Zeit, S. 165.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Kern der theoretischen Interpretation zu machen. Damit wurde der Gegensatz zwischen dem materiellen Teilchen der Newtonschen Physik und dem Kraftfeld der Faraday-Maxwellschen Physik aufgelöst; beide sind mögliche Erscheinungsformen der gleichen physikalischen Realität. Der Gegensatz zwischen Kraft und Stoff hat seine prinzipielle Bedeutung verloren.“[169] Durch die Einbeziehung des Begriffs Möglichkeit wird einerseits dem komplizierten objektiven Zusammenhang besser Rechnung getragen, als das mit den Begriffspaaren Ursache – Wirkung und Notwendigkeit – Zufall allein der Fall war. Andererseits fällt damit aber auch die früher viel diskutierte Paradoxie vom Welle-Korpuskel-Dualismus. Es handelt sich nicht um einen Dualismus, sondern um zwei mögliche Erscheinungsformen einheitlicher physikalischer Objekte.

Wir können hier die bereits im vorigen Kapitel unter dem Aspekt der Wirklichkeitsauffassung Heisenbergs begonnene Betrachtung des Verhältnisses von Möglichem und Faktischem fortsetzen. Für Heisenberg drückte sich in der Wahrscheinlichkeitsaussage auch subjektive Unkenntnis des wirklichen Zustands aus. Gerade diese Problematik interessiert uns hier als folgende Frage: Ist es möglich, den Zufall zu erkennen?

Aus der Schrödinger-Gleichung ergeben sich für das Verhalten eines sich bewegenden Elementarobjekts verschiedene Möglichkeiten, wovon es eine zufällig verwirklicht. Diesen Gedanken bindet Heisenberg an die Messung im Experiment. Wir erfahren auch tatsächlich erst durch die Messung, welche Möglichkeit das Teilchen verwirklicht hat. Dieser Übergang vom Möglichen zum Faktischen, d. h. in Vorgänge und Ereignisse, die in klassischen Begriffen beschreibbar sind, wird nach Heisenberg durch den Beobachter registriert. Er schreibt: „Der Beobachter hat vielmehr nur die Funktion, Entscheidungen, d. h. Vorgänge in Raum und Zeit, zu registrieren, wobei es nicht darauf ankommt, ob der Beobachter ein Apparat oder ein Lebewesen ist, aber die Registrierung, d. h. der Übergang vom Möglichen zum Faktischen ist hier unbedingt erforderlich und kann aus der Deutung der Quantentheo-[176]rie nicht weggelassen werden.“[170] Heisenberg ergänzt diesen Gedanken durch die Feststellung, daß die Kopenhagener Deutung hier keineswegs positivistisch sei, da nicht der Beobachter, sondern das Faktische die Grundlage der Deutung sei.[171] Heisenberg betrachtet das Verhältnis von Meßapparat und System, die beide nicht unabhängig von allen anderen Einflüssen als ein sich selbst überlassenes System betrachtet werden können. Wesentlich ist die Verwirklichung einer Möglichkeit im Faktischen, wobei das statistische Gesetz nicht das Faktische, sondern die Möglichkeiten miteinander verbindet. Diese Gedanken enthalten viele rationelle Elemente, die wir im dialektischen Determinismus direkt ausnutzen können. Zuerst sind die Möglichkeiten für den Einzelfall im Gesetz gegeben. Dabei steht nicht von vornherein fest, welche Möglichkeit verwirklicht wird. Ist eine verwirklicht, dann enthält Ψ nicht mehr die Wahrscheinlichkeit für das Auftreffen auf einen Ort, sondern der Ort ist mit Gewißheit feststellbar; jedoch erst nachdem das Ereignis eingetroffen ist. Heisenberg schreibt dazu: „Wenn der Beobachter später ein bestimmtes Verhalten des Meßapparates als faktisch registriert, so ändert er die mathematische Darstellung unstetig ab, denn von den verschiedenen Möglichkeiten hat sich eben eine bestimmte als die wirkliche erwiesen.“[172] Für Heisenberg ist es ein Beweis für die einfache Tatsache, daß die „Naturwissenschaft ein Teil der Auseinandersetzung des Menschen mit der Natur“ ist, wenn wir mit der Mathematik nur das Mögliche, aber nicht das Faktische gesetzmäßig verknüpfen können.[173] Die Naturwissenschaft existiert tatsächlich als Teil des

[169] W. Heisenberg Die Abstraktion in der modernen Naturwissenschaft. In: „Wissenschaft und Fortschritt“, 3/1964. S. 104.
[170] W. Heisenberg, Die Entwicklung der Deutung der Quantentheorie. In: „Physikalische Blätter“, 1956, Heft 7, S. 299.
[171] Ebenda.
[172] Ebenda, S. 303.
[173] Ebenda, S. 304.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Erkenntnisprozesses, muß sich deshalb auch ständig mit neuen Objekten und Beziehungen auseinandersetzen und veraltete oder einseitige Erkenntnisse korrigieren; aber diese Feststellung reicht nicht aus. Was die Quantentheorie mit sich brachte, war die Einsicht vieler Physiker in die Existenz des objektiven Zufalls, in das zufällige Verwirklichen einer Möglichkeit durch ein Einzelobjekt, das nicht vorhergesagt werden kann, weil es nicht vorausbestimmt ist. Eine neue Art der Voraussage, die den komplizierten objektiven Beziehungen besser Rechnung trägt, wurde gefunden, nämlich die gesetzmäßige Verknüpfung von Möglichkeiten für das Verhalten und die dadurch mögliche Wahrscheinlichkeitsaussage.

Das von Heisenberg betrachtete Faktische ist das beobachtete zufällige Ereignis, das jedoch nicht völlig zufällig ist, da es eine der notwendig vor-[177]gegebenen Möglichkeiten darstellt. Der Zufall wird also durch das Wirken der Quantengesetze eingeschränkt. Es fällt aber das klassische Ideal, den Zufall als vorherbestimmt, in seinen Einzelheiten eindeutig kausal bedingt erfassen und eindeutig voraussagen zu können. Das Ideal klassischer Voraussage ist nicht zu verwirklichen, womit aber das zufällige Ereignis nicht völlig unserer Vorausschau entzogen ist. Das statistische Gesetz liefert uns eine Wahrscheinlichkeitsaussage dafür. Insofern verschwindet zwar eine Illusion, die Voraussage des Zufalls, aber sie wird durch eine bessere Einsicht ersetzt, durch die Anerkennung des objektiven Zufalls und der Gültigkeit von statistischen Gesetzen. Die Interpretation dieses Sachverhalts wird uns durch die Beziehung Möglichkeit – Wirklichkeit erleichtert, die bei Heisenberg als Beziehung Möglichkeit – Faktisches angedeutet wird. Auf diese Problematik werden wir noch einmal zurückkommen.

Die Kritik am klassischen Determinismus wird in der Kopenhagener Deutung auch durch Heisenberg ergänzt, indem er neue philosophische Elemente hervorzuheben versucht. Die Kopenhagener Deutung weist also neben den bereits genannten rationellen Elementen auch schon den Versuch auf, philosophisch zu einer neuen Auffassung zu kommen. Dabei sind die Komplementaritätsthese Bohrs und das Verhältnis von Faktischem und Möglichem bei Heisenberg zu beachten.

Verwirrend wirkt dabei immer noch der Terminus Indeterminismus, der aber eigentlich nur die Beschränktheit des klassischen Determinismus ausdrücken soll. Ansonsten wird Indeterminismus von manchen Physikern immer noch mit der Anerkennung von statistischen Gesetzen und vom objektiven Zufall gleichgesetzt. Um den Unterschied zum klassischen Determinismus zu betonen, benutzen wir den Terminus „dialektischer Determinismus“, der ebenfalls die Anerkennung des objektiven Zufalls und der statistischen Gesetze zum Inhalt hat. Wir möchten uns damit aber auch von idealistischen Auffassungen über Wunder und außerweltliche Ursachen abgrenzen. Wir werden zeigen, daß gerade der dialektische Determinismus keine Rückkehr zum klassischen Determinismus darstellt, sondern die positiven philosophischen Ansätze der Kopenhagener Deutung der Quantentheorie in den dialektischen Materialismus aufnimmt, ohne kritiklos alle philosophischen Äußerungen zu akzeptieren. Manches von den neuen Einsichten der Physiker, wie beispielsweise die Anerkennung des objektiven Zufalls, war im dialektischen Materialismus bereits früher selbstverständlich. Anderes wiederum ist völlig neu. Dazu gehört die Anerkennung der prinzipiellen Unmöglichkeit, statistische Aussagen auf Aussagen über das Verhalten des Einzelobjekts reduzieren und auf diese Weise eindeutig die Zukunft determinieren zu können. [178]

2. Kritiker der Kopenhagener Deutung

Die Kritik der Kopenhagener Deutung erfolgte aus mehreren Richtungen. Physiker waren mit der physikalischen Theorie, besonders mit der statistischen Deutung der Quantentheorie, nicht einverstanden. Neothomisten und kritische Realisten wandten sich gegen positivistisches Gedankengut und verteidigten die objektive Determiniertheit. Dialektische Materialisten kritisierten die Ablehnung des Determinismus und der objektiven Realität, entwickelten den

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

dialektischen Determinismus mit Hilfe physikalischer Ergebnisse weiter und nahmen dabei rationelle Elemente der Kopenhagener Deutung auf. Insgesamt gab es einen heftigen Meinungsstreit, der aber für die Entwicklung des theoretischen Denkens sehr förderlich war. Nach Heisenberg bestehen folgende Gruppen der Gegner der Kopenhagener Deutung:

1. Es wird die Interpretation der Experimente übernommen, aber man ist nicht mit der Philosophie einverstanden und ersetzt sie durch eine andere (z. B. Bohm, Blochinzew, Alexandrow).

2. Die Kopenhagener Deutung ist die einzig angemessene, wenn die Voraussetzungen der Deutung mit den experimentellen Resultaten übereinstimmen. Es werden Abänderungen der Quantentheorie versucht (Janossy).

3. Es wird die allgemeine Unzufriedenheit mit der Quantentheorie geäußert (Einstein, v. Laue).[174]

Diese Einteilung wird für unsere philosophischen Betrachtungen nicht maßgebend sein. Die Gruppe um de Broglie, Bohm usw. ersetzte teilweise nur die Quantentheorie durch die Theorie der verborgenen Parameter, um zu einer deterministischen Deutung zu kommen. Damit verdeckt sie gerade neue und interessante philosophische Gedanken, die im Zusammenhang mit der Kopenhagener Deutung der Quantentheorie durch die Anerkennung des Zufalls entstehen. Wir werden zeigen, daß die philosophische Deutung der Quantentheorie keine deterministische physikalische Ergänzung braucht. Die physikalische Abänderung der Quantentheorie ist eine Angelegenheit der Physik. Vom philosophischen Standpunkt aus interessieren die heftigen Angriffe Einsteins und Plancks gegen die philosophischen Konsequenzen der Kopenhagener Deutung und die Interpretation durch die kritischen Realisten und Neothomisten, da hier gegen positivistische Ideen von zwei grundverschiedenen philosophischen Ausgangspunkten aus angegangen wird. Außerdem werden wir uns mit der dialektisch-materialistischen Auffassung zum Determinismusproblem beschäftigen und versuchen, die rationellen Gedanken Heisenbergs in den dialektischen Determinismus aufzunehmen. [179]

a) Plancks und Einsteins Haltung zur Kopenhagener Deutung der Quantentheorie

Max Planck befaßte sich in vielen Vorträgen mit dem Kausalgesetz und dem Determinismus. Er erkannte die Existenz der objektiven Kausalität an und kritisierte die indeterministische Haltung mancher Quantenphysiker. Er hob hervor, daß die Unbestimmtheitsrelationen den Determinismus nicht widerlegen. In einigen Auffassungen konnte er sich nicht völlig vom mechanischen Materialismus befreien. Er unterschied nicht klar zwischen Kausalität und Gesetz, leugnete die objektive Existenz von Zufällen und versuchte, die statistischen Gesetze auf dynamische zu reduzieren.[175] Wir finden bei Planck neben seiner prinzipiellen Kritik mit den Schwächen seiner Argumentation eine Reihe interessanter Gedanken, die für die Diskussion wichtig sind. In seinem Vortrag „Die Physik im Kampf um die Weltanschauung“ nahm Planck die Gedanken voraus, die Born später über das Durchbrechen der strengen Kausalität in der klassischen Physik äußerte, zog aber daraus andere Schlußfolgerungen. Er sagt: „Vor allem ist zu bemerken, daß die Gültigkeit statistischer Gesetzmäßigkeiten mit dem Walten einer strengen Kausalität sehr wohl verträglich ist.“[176] Er beweist diese Meinung mit dem Entstehen des Druckes auf eine Gefäßwand durch den unregelmäßigen Anprall der Gasmoleküle, wobei die Stöße im einzelnen nach einem bestimmten Gesetz erfolgen und kausal determiniert sind. Auf das Argument, die Kausalität eines Vorgangs sei erst erwiesen, wenn der Verlauf des Moleküls genau vorherbestimmt werden könne, antwortet er: „Demgegenüber ist zu erwidern, daß ein

[174] W. Heisenberg, Physik und Philosophie, S. 104.
[175] Eine gute Zusammenstellung der Ansichten Plancks zum Determinismus und seiner Kritik am Indeterminismus finden wir bei H. Vogel, Zum philosophischen Wirken Max Plancks, Berlin 1961. Wir verzichten deshalb auf eine ausführliche Darlegung und heben nur einige für unsere Betrachtung wesentliche Punkte hervor.
[176] M. Planck, Die Physik im Kampf um die Weltanschauung, S. 16.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

wirkliches genaues Voraussagen eines Vorganges in der Natur überhaupt in keinem einzigen Falle möglich ist und daß daher von einer unmittelbaren exakten experimentellen Prüfung der Gültigkeit des Kausalgesetzes niemals die Rede sein kann. Bei jeder noch so genauen Messung zeigen sich unvermeidliche Beobachtungsfehler. Deswegen wird aber doch sowohl das Messungsergebnis als auch jeder einzelne Beobachtungsfehler auf besondere kausale Zusammenhänge zurückgeführt."[177]

Gerade die Beobachtungsfehler können aber auf Grund der Unbestimmtheitsrelationen nicht mehr eliminiert werden, wie Planck richtig bemerkt, [180] wobei er auch die mögliche Herabminderung der Meßunsicherheit in beschränktem Maße durch die Verfeinerung der Meßinstrumente ablehnt. Er bringt hierzu folgenden Gedanken zum Ausdruck: „Aber gerade die Existenz einer derartigen objektiven Schranke, wie sie durch das elementare Wirkungsquantum dargestellt wird, muß als ein Zeichen für das Walten einer gewissen neuartigen Gesetzlichkeit bewertet werden, die doch ihrerseits sicherlich nicht auf Statistik zurückgeführt werden kann."[178] Hier wird deutlich, daß Planck die statistischen Gesetze selbst nicht als eine neue Art von Gesetzen betrachtet, wie das Heisenberg und die Vertreter der Kopenhagener Deutung tun: Er sieht also zwar das Neue an der Quantenmechanik, gibt sich jedoch mit den Schlußfolgerungen nicht zufrieden. Den Ausweg sieht er in einer Kritik der elementaren Begriffe der klassischen Physik, die in der Atomphysik nicht mehr ausreichen. An anderer Stelle hebt er hervor, daß die Unbestimmtheitsrelationen „die Vorbedingung für die Möglichkeit einer deterministischen Theorie" schaffen und die „von dem prinzipiellen Indeterminismus verschlossene Eingangspforte zu neuartigen Gebieten der Erkenntnis" öffnen.[179]

Er fährt dann fort: „Aber das Unschärfegesetz allein genügt nicht zum Aufbau einer vollständigen Theorie des Determinismus. Da es durch eine Ungleichung ausgedrückt wird, so bildet es gewissermaßen nur den Rahmen zur Aufnahme eines weiteren Prinzips mit bestimmterem Inhalt. Wie wird dies Prinzip lauten? Das vermag heute niemand zu sagen. Möglicherweise wird es zu seiner Formulierung der Einführung neuartiger Begriffe abstrakter Natur bedürfen, die der klassischen Theorie gänzlich fremd sind. Aber soll man deshalb unterlassen, nach einem solchen Prinzip zu suchen? Das würde doch wieder eine Rückkehr zum prinzipiellen Indeterminismus bedeuten, dessen Schwierigkeiten wir zur Genüge kennengelernt haben. Diesem verhängnisvollen Dilemma zu entrinnen darf nach meiner Meinung kein Preis zu hoch erscheinen. Wer nicht sucht, der wird nicht finden. Übrigens lassen sich noch andere Gründe dafür anführen, daß in der Wellenmechanik heute das letzte Wort noch nicht gesprochen ist und daß ihre endgültige Fassung noch aussteht. Vor allem harrt noch der Lösung das große und vordringliche Problem, die Wellenmechanik in Einklang zu bringen mit der Relativitätstheorie, welche ihrerseits streng deterministisch aufgebaut ist."[180]

Der Fortschritt der Physik vollzog sich durch den Übergang von der Untersuchung des statistischen Verhaltens der Elementarobjekte in der Quan-[181]tenmechanik zur Untersuchung des Atomkerns und der Elementarteilchen. Noch existieren keine einheitliche Theorie der Elementarteilchen und auch keine abgeschlossene Kerntheorie. Auch das von Planck erwähnte Problem, die Wellenmechanik mit der Relativitätstheorie in Einklang zu bringen, ist noch nicht gelöst. Aber soviel ist schon klar, die Physik geht nicht mehr zum mechanischen Determinismus zurück. Sollte das Plancks Wunschtraum gewesen sein, so wäre er gescheitert. Viele seiner Äußerungen sprechen jedoch dagegen. Er erkennt die Ergebnisse der Quantentheorie an, aber nicht ihre positivistische Deutung. Eine Frage bleibt jedoch ungenügend beantwortet: Was ist Kausalität und wie wird sie durch die Ergebnisse der modernen Physik modifiziert?

[177] Ebenda.
[178] Ebenda, S. 17 f.
[179] M. Planck, Determinismus oder Indeterminismus?, S. 22.
[180] Ebenda, S. 22 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Planck steht immer vor dem Dilemma, die Kausalität als sichere Voraussage über ein zukünftiges Ereignis zu fassen und festzustellen, kein physikalisches Ereignis kann exakt vorausgesagt werden. Vogel hebt bei der Kritik Plancks die Unterscheidung von Gesetz und Zufall hervor. Für ihn sind die Zufälle auch kausal bedingt, aber nicht vorherbestimmt. Nach ihm haben auch die Zufälle „ihre sie bedingende Ursache“[181]. Obwohl ich im wesentlichen mit der Kritik Vogels an Planck einverstanden bin, scheinen mir einige Details der dabei entwickelten Auffassung zum Verhältnis von Kausalität und Gesetz noch ungenügend ausgebildet zu sein. Das ist aber wesentlich für die Auseinandersetzung mit Heisenbergs Standpunkt. Man könnte Planck und Heisenberg in ihrem Verhalten zum Determinismus, wenn man etwas übertreibt, dadurch charakterisieren, daß Planck den objektiven Zufall ablehnt, während ihn Heisenberg überbetont. Vogel hebt nun hervor, daß Zufälle nicht vorherbestimmt sind, aber eine sie bedingende Ursache haben. Hier ist der springende Punkt vieler Determinismusdiskussionen. Man kann den Zufall nicht vorherbestimmen, da er aber eine Ursache besitzt, müßte er, wenn das zufällige Ereignis stattgefunden hat, auf seine Ursache untersucht werden können. Aber auch das macht Schwierigkeiten, wie wir wissen. Ein Atom, das zerfällt, gibt uns auch nach dem Zerfall keinen schlüssigen Hinweis auf die Ursachen seines Zerfalls. Spricht man von Kausalität, so meint man Ursache-Wirkungs-Beziehungen. Aber in welchem Verhältnis stehen Ursache und Wirkung zueinander? Bringt die Ursache notwendig die Wirkung hervor oder nicht? Wenn ja, dann muß von der Ursache auf die Wirkung geschlossen werden können. Wenn nein, dann kommt es nicht auf das Ursache-Wirkungs-Verhältnis an, sondern auf die Beziehung, die uns eine Voraussage gestattet. Die Einschränkung der Diskussion auf die Kausalität und ihre Beziehung zum Zufall und zum Gesetz läßt den Hegelschen und Leninschen Gedanken, daß die Kausalität nur ein Moment des [182] universellen Zusammenhangs ist, ungenügend fruchtbar werden. Der Zusammenhang ist vielfältiger, was auch in der Verwendung des Begriffs Möglichkeit durch Heisenberg zum Ausdruck kommt.

Plancks Auffassung von der vorherrschenden Bedeutung der Kausalität gegenüber anderen Formen des Zusammenhangs spielt auch bei der Betrachtung des Verhältnisses von Freiheit und Kausalität eine Rolle. Es heißt bei ihm: „Indem wir nun, entsprechend dem Gesagten, das Bestehen eines festen kausalen Zusammenhanges bei allen Vorgängen in der Natur und in der Geisteswelt zur Voraussetzung unserer Betrachtung machen, wollen wir uns im folgenden speziell auf menschliche Willenshandlungen beziehen. Denn es versteht sich, daß von einer universellen Kausalität nicht die Rede sein könnte, wenn sie an irgendeiner Stelle durchbrochen würde, wenn also nicht auch die Vorgänge im bewußten und unterbewußten Seelenleben, die Gefühle, Empfindungen, Gedanken und schließlich auch der Wille dem Kausalgesetz in dem vorhin festgelegten Sinne unterworfen wären. Wir nehmen also an, daß auch der menschliche Wille kausal determiniert ist, d. h., daß in jedem Falle, wo jemand in die Lage kommt, entweder spontan oder auch nach längerer Überlegung einen bestimmten Willen zu äußern oder eine bestimmte Entscheidung zu treffen, ein hinreichend scharfsinniger, aber sich vollkommen passiv verhaltender Beobachter imstande ist, das Verhalten des Betreffenden vorauszusehen.“[182]

Hier wird der noch vielfältigere Komplex menschlicher Handlungen, in den mehr Komponenten als in die Bewegung eines Elementarobjekts eingehen, als in einzelne Kausalreihen auflösbar betrachtet. Planck meint, dem Ziel wissenschaftlichen Forschens nur gerecht werden zu können, wenn er den objektiven Zufall ausschließt. Er sagt: „In der Tat bildet, wie wohl zu beachten ist, diese Voraussetzung die Grundlage und den Ausgangspunkt einer jeden wissenschaftlichen Untersuchung, sowohl in der Geschichtswissenschaft als auch in der Psychologie; denn ebenso wie der Historiker jedes geschichtliche Ereignis, jede Willenshandlung

[181] H. Vogel, Zum philosophischen Wirken Max Plancks, S. 195.
[182] M. Planck, Vom Wesen der Willensfreiheit, Leipzig 1952, S. 6 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

einer historischen Persönlichkeit als gesetzlich bedingt durch deren Eigenart und durch vorliegende Umstände zu deuten sucht und die zurückbleibenden Lücken niemals einem Durchbrechen der Kausalität, d. h. dem Zufall, sondern stets einer mangelnden Einsicht in die tatsächlichen Verhältnisse zuschreibt, so stellt sich auch der Psychologe bei allen seinen Versuchen und Beobachtungen nach Möglichkeit auf den Standpunkt des alles durchschauenden Beobachters, der aber absolut passiv bleiben muß. Denn jede, auch eine unbeabsichtigte Einflußnahme auf die Gedankenrichtung des Beobachteten würde den zu erforschenden Kausal-[183]zusammenhang stören und die aus den Beobachtungen gezogenen Schlüsse fälschen. Ja, allein schon der Umstand, daß die Versuchsperson davon Kenntnis hat, daß sie beobachtet wird, kann bekanntlich zu einer verhängnisvollen Fehlerquelle werden.“[183]

Heben wir noch einmal die zwei möglichen Determinismusauffassungen hervor. Der mechanische Determinismus, hier vertreten durch Planck, faßt den Zufall als Durchbrechung der Kausalität. Jeder Komplex von Kausalbeziehungen ist völlig auflösbar in einzelne kausale Beziehungen, die dann auch eine Vorhersage des Einzelereignisses gestatten. Die Wissenschaft muß in diesem Sinne auf Kausalforschung orientiert werden. Für die zufälligen Schwankungen frei fallender Körper um die im Fallgesetz ausgedrückten Beziehungen müßte demnach für jeden einzelnen Körper und jede Schwankung die Ursache gesucht werden. Schon das ist absurd. Noch absurder wirkt diese Forderung, wenn man den Zerfall eines Uranatoms oder gar die Handlung eines Menschen betrachtet.

Der dialektische Determinist anerkennt die durchgängige Existenz eines objektiven, aber unendlich komplizierten Zusammenhangs. In diesem Zusammenhang zeigen sich bestimmte relativ isolierte Systeme von Elementen und Beziehungen, die wir erforschen, indem wir die Gesetze aufdecken. Nachdem die Wissenschaft die Atomtheorie entwickelt hatte, beschäftigte sie sich mit dem Atomkern und der Natur der Kernkräfte. Keine Durchbrechung des objektiven Zusammenhangs zulassen bedeutet aber nicht, den objektiven Zufall leugnen zu müssen. Die Forderung nach Kausalforschung erhält ihren rationellen Gehalt durch die Forderung nach der Entdeckung neuer objektiver Gesetze, die uns bereits untersuchte Objekte und Prozesse besser erkennen lassen und Beziehungen zwischen unbekannten Objekten zeigen. Wir werden darauf im nächsten Abschnitt noch eingehen.

Wesentlich für den dialektischen Materialisten ist die Anerkennung des objektiven Zusammenhangs, wobei der Begriff der Ursache viele Bedeutungen hat. Ein Ereignis kann durch einen Komplex unendlich komplizierter Bedingungen verursacht sein, wie das beim Zerfall eines Atoms der Fall ist. Wir versuchen nun diesen Komplex zu analysieren und wesentliche Ursachen für das Verhalten eines Einzelobjekts zu finden. Hier kommen wir, wie die moderne Physik zeigt, lediglich zu Wahrscheinlichkeitsaussagen, nicht etwa aus Unkenntnis verschiedener Parameter, sondern weil unsere exakten Begriffe die Wirklichkeit einseitig erfassen. Wir finden, daß das Einzelereignis nicht durch wenige wesentliche Ursachen bestimmt ist. Uns interessiert aber auch in erster Linie ein Zusammenhang zwischen einem oder mehreren Er-[184]eignissen, zwischen einer oder mehreren Eigenschaften eines Prozesses. Dieser Zusammenhang muß allgemeinnotwendig, d. h. reproduzierbar unter wesentlichen Bedingungen sein. Eben das ist ein Gesetz. Wie Vogel richtig hervorhebt, sind nicht alle Gesetze kausaler Art und nicht alle Kausalbeziehungen Gesetz.[184] Aber auch das reicht nicht aus. Unsere Analyse des objektiven Zusammenhangs muß vom Gesetz ausgehen und die verschiedenen Typen der Gesetze betrachten. Nicht die Verursachung des Zufalls ist wesentlich, da sie sowieso nicht erkannt werden kann, sondern die im zufälligen Ereignis wirkenden Gesetze. Ich halte den Streit um die konkrete Determiniertheit oder Indeterminiertheit des Zufalls in dem Sinne für entschieden, daß zufällige Ereignisse nicht eine oder wenige wesentliche Ursachen besitzen,

[183] Ebenda, S. 8.
[184] Vgl. H. Vogel, a. a. O., S. 195.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

die es gestatten würden, sie zu reproduzieren. Um das zu erläutern, ist es notwendig, die Kategorie der Möglichkeit genauer zu betrachten. Jedes Gesetz setzt sich im Zufall durch, es hat dabei aber wiederum verschiedene Möglichkeiten zur Verwirklichung der im Gesetz ausgedrückten Zusammenhänge. Eben die Beziehung von Möglichkeit, Gesetz, Zufall müssen wir noch betrachten. Nicht das Verursachen einer Wirkung ist im objektiven Zusammenhang das Wesentliche, sondern die Wechselwirkung. Ihre verschiedenen Formen gilt es zu erfassen. Dabei helfen uns Struktur- und Bewegungsgesetze, dynamische und statistische Gesetze, deren innerer Zusammenhang erforscht werden muß.

Nicht um die Unkenntnis von wesentlichen Ursachen für zufällige Ereignisse geht es. Sie könnte überwunden werden, und man müßte die Physik dann tatsächlich auf die Erforschung des Einzelobjekts und seines Verhaltens orientieren. Es muß die Frage bei jedem zufälligen Ereignis durch wissenschaftliche Forschungsarbeit beantwortet werden: Welche Gesetze wirken im zufälligen Verhalten? Bei der Bewegung der Elementarobjekte sind es die Gesetze der Quantenmechanik. Bei den Umwandlungsprozessen sind es bestimmte Erhaltungssätze, wobei deren Rolle ebenfalls noch nicht völlig geklärt ist, da noch keine einheitliche Theorie der Elementarteilchen existiert.

Die mechanisch-deterministische Haltung bringt Planck in echte Schwierigkeiten bei der Lösung des Freiheitsproblems. Die auch mit der Quantenmechanik zu vereinbarende Annahme eines objektiven Zufalls lehnt er ab. Er hebt das aktive Verhalten des Menschen zu seiner Umwelt hervor, durch welches nach ihm die Erkenntnis des Kausalzusammenhangs vereitelt werde. Zwar sind unser Wille und Charakter kausal bedingt, wir sind jedoch nicht in der Lage, unsere eigenen Willensmotive völlig zu durchschauen. So ist der Wille des anderen kausal gebunden, der eigene aber frei. Planck kommt letz-[185]ten Endes nicht zur wirklichen Freiheit, sondern nur zum Gefühl der Freiheit. Wir werden auf diese Problematik noch eingehen. Wesentlich ist jedoch die Folgerung, die Planck aus seinen Betrachtungen zieht und der man zustimmen kann, auch wenn man seine theoretische Begründung der Willensfreiheit nicht billigt: „So trägt ein jeder sein Schicksal frei in seiner Hand. Wir können unmöglich die gesetzliche Abwickelung unserer eigenen Lebenskämpfe als aufmerksame, aber neutrale Zuschauer betrachten, sondern wir stehen selber als aktive Mitstreiter im Kampf und sind daher stets gezwungen, nach freiem Ermessen Partei zu nehmen. Kein Fatalismus kann uns unserer Verantwortung dabei entheben.“[185] Planck kommt also trotz kausaler Betrachtungsweise zu einer Schlußfolgerung, die wir auch in der Kopenhagener Deutung der Quantentheorie fanden: Der Mensch sei nicht nur Zuschauer, sondern Mitspieler im Schauspiel des Lebens. Planck sieht jedoch auch dafür die Existenz von Kausalreihen als notwendig an, während die Kopenhagener Deutung die Rolle des Zufalls und die Begründung der Freiheit gerade darin sieht, daß der klassische Determinismus durchbrochen werde.

Albert Einstein war ebenfalls mit der Kopenhagener Deutung der Quantentheorie nicht einverstanden. In vielen Jahren theoretischer Diskussion mit Niels Bohr versuchte er mit immer neuen Gedankenexperimenten, die Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen zu umgehen. Einstein selbst hat Beiträge zur statistischen Theorie geleistet. Born schreibt über seine Haltung: „Ich denke, diese Forschungen Einsteins haben mehr als alles andere dazu beigetragen, die Physiker von der Realität der Atome und Moleküle, von der kinetischen Wärmetheorie und von der fundamentalen Bedeutung der Wahrscheinlichkeit in den Naturgesetzen zu überzeugen. Wenn man diese Arbeiten liest, dann ist man geneigt zu glauben, daß in jener Zeit der statistische Aspekt der Physik Einsteins Geist vorwiegend beschäftigte. Aber doch arbeitete er gleichzeitig an der Relativitätstheorie, in der eine strenge Kausalität herrscht. Offensichtlich war es immer seine Überzeugung und ist es noch heute, daß die tiefsten Gesetze der Natur kausal und deterministisch zu verstehen sind, daß die Wahrscheinlichkeitsidee nur nötig ist,

[185] M. Planck, a. a. O., S. 28.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

um unsere Unwissenheit zu verdecken, wenn wir mit einer großen Anzahl von Partikeln zu tun haben, und daß nur das große Ausmaß dieser Unwissenheit die Statistik in die vorderste Linie gerückt hat.“[186]

Die Wahrscheinlichkeitsaussagen liefern uns Voraussagen für das zufällige Verhalten von physikalischen. Objekten. Wenn man, wie Einstein, das zu-[186]fällige Verhalten selbst im Gesetz erfassen will, das uns eindeutige Vorhersagen liefert, dann leugnet man den objektiven Zufall. Zufall ist dann nur noch Ausdruck der Unwissenheit, die nur zukünftige Physik beseitigen kann. Die Welt wird damit als einfacher angenommen, als sie in Wirklichkeit ist. Komplexe von Beziehungen können nicht völlig in Ursache-Wirkungs-Relationen aufgelöst werden, die völlig unabhängig voneinander sind. Das ist aber die Grundlage der Auffassung Einsteins. In einem Brief an Born meinte er: „In unserer wissenschaftlichen Erwartung haben wir uns zu Antipoden entwickelt. Du glaubst an den würfelnden Gott und ich an eine volle Gesetzmäßigkeit in einer Welt von etwas objektiv Seiendem, das ich auf wild spekulative Weise zu erhaschen suche. Ich hoffe, daß einer einen mehr realistischen Weg bzw. eine mehr greifbare Unterlage für eine solche Auffassung finden wird, als es mir gegeben ist. Der große anfängliche Erfolg der Quantentheorie kann mich doch nicht zum Glauben an das fundamentale Würfelspiel bringen.“[187]

Es war ein großer Erkenntnisfortsehritt, der mit der Quantenmechanik vollzogen wurde, als man von der klassisch-mechanischen Erfassung der Bewegung physikalischer Objekte mit großer Masse und kleinen Geschwindigkeiten zur Erkenntnis komplizierter Wechselwirkungen, deren Gesetze ebenfalls erkannt werden können, überging. Mag die Anwendung der Statistik auf das Würfelspiel den Gedanken an einen würfelnden Gott nahelegen – Einstein meint das mehr scherzhaft –, so ist doch das Wesentliche an der Statistik, daß wir Gesetze für komplizierte Systeme von Wechselwirkungen erkennen können, wo wir, selbst beim Vorhandensein von Gesetzen für das Verhalten der Systemelemente, praktisch scheitern würden, wollten wir für jedes Element ein eigenes Gesetz formulieren. Die Theorie soll für Einstein nicht Beziehungen, sondern Tatbestände selber erfassen. Er schreibt in einem weiteren Brief an Born: „Meine physikalische Haltung kann ich Dir nicht so begründen, daß Du sie irgendwie vernünftig finden würdest. Ich sehe natürlich ein, daß die prinzipiell statistische Behandlungsweise, deren Notwendigkeit im Rahmen des bestehenden Formalismus ja zuerst von Dir klar erkannt wurde, einen bedeutenden Wahrheitsgehalt hat. Ich kann aber deshalb nicht ernsthaft daran glauben, weil die Theorie mit dem Grundsatz unvereinbar ist, daß die Physik eine Wirklichkeit in Zeit und Raum darstellen soll ohne spukhafte Fernwirkungen ... Davon bin ich fest überzeugt, daß man schließlich bei einer Theorie landen wird, deren gesetzmäßig verbundene Dinge nicht Wahrscheinlichkeiten, sondern gedachte Tatbestände sind, wie man es bis vor kurzem als selbstverständlich betrachtet hat. Zur Begründung [187] dieser Überzeugung kann ich aber nicht logische Gründe, sondern nur meinen kleinen Finger als Zeugen beibringen, also keine Autorität, die außerhalb meiner Haut irgendwelchen Respekt einflößen kann.“[188]

Hier wird das Verhältnis von Theorie und Wirklichkeit vereinfacht. Wollte die Theorie beim Verhalten der Elementarobjekte jedes einzelne Objekt erfassen, so wäre das keine Theorie mehr, sondern eine einfache Beschreibung, wie sich bestimmte Teilchen im Experiment verhalten. Der Versuch, an Einzelheiten festzuhalten, würde sogar die Entwicklung der Theorie hemmen, da jede Einzelheit gerade ein Teilchen derselben Art von dem anderen unterscheidet. Die Theorie hat die Aufgabe, Beziehungen zwischen verschiedenen Ereignissen, Prozessen zu finden, die reproduzierbar sein müssen, weil sich daraus Voraussagen ermöglichen. Eben das

[186] M. Born, Physik im Wandel meiner Zeit, S. 88.
[187] Ebenda, S. 228.
[188] Ebenda.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

erfüllt die Quantentheorie. Ihre Ergebnisse haben insofern allgemeine Bedeutung, weil die allgemeinen Züge statistischen Verhaltens auch in anderen Bereichen eine Rolle spielen. So gibt die Untersuchung gesellschaftlicher Gesetze die Möglichkeit, zu Wahrscheinlichkeitsaussagen über das Verhalten von Klassen, Schichten und Gruppen in der Gesellschaft zu kommen.

Eben diese allgemeine Bedeutung statistischer Aussagen zwingt uns auch, das Problem in der Auseinandersetzung mit vereinfachten Auffassungen, wie wir sie bei Planck und Einstein finden, weiter zu verfolgen. Die Kritik Einsteins und Plancks hat Berechtigung, soweit sie sich auf überspitzte idealistische und positivistische Formulierungen bei Heisenberg u. a. bezieht. Der Determinismus kann jedoch nur erhalten werden, wenn die Bedeutung statistischer Gesetze und die Existenz des objektiven Zufalls anerkannt werden. Dabei muß gleichzeitig die Auseinandersetzung mit dem mechanischen Determinismus erfolgen, der vor allem auch eine Heimstatt in den früheren Theorien Bohms, Vigiers u. a. gefunden hatte. Diese Theorien haben nur Bedeutung, wenn sie Ergebnisse liefern, die in der Quantenmechanik nicht enthalten sind. Bedeutung hat die Kritik an der Kopenhagener Deutung auch dadurch, daß sie zur Präzisierung der Standpunkte zwingt und zur Entwicklung der Theorie aufruft.

b) Neothomismus, kritischer Realismus und Determinismus

Die Kritik an der Kopenhagener Deutung erfolgte auch von kritisch-realistischer Seite aus und wird von Neothomisten fortgesetzt. Der kritische Realismus, um dessen Begründung sich hauptsächlich Eduard v. Hartmann, Erich Becher, August Messer u. a. bemühten, setzte sich nach der Begründung der [188] Quantentheorie mit den philosophischen Schlußfolgerungen der Kopenhagener Deutung auseinander. Die Grundthese des kritischen Realismus ist die Anerkennung einer bewußtseinsunabhängigen Außenwelt, die in bestimmten Grenzen auch erkannt werden kann. Hier vereinigen sich zwei Elemente der Philosophie, nämlich Realismus und Kritizismus. Das macht ihn zugleich zum Antipoden des Positivismus, der die bewußtseinsunabhängige Außenwelt leugnet. Dieses realistische Element hebt auch Lenin in Bechers Philosophie hervor, deren hauptsächlicher Mangel in Bechers Unkenntnis des dialektischen Materialismus besteht, wodurch er, nach Lenin, „oft zu ungereimtem und krausem Zeug“ kommt.[189] Für Lenin war der Bechersche Nachweis von der Existenz einer Außenwelt in der Auseinandersetzung mit Mach wesentlich. Lenins Kampf richtete sich vor allem gegen den subjektiven Idealismus, wobei der Realismus kritischer Realisten eine willkommene Unterstützung des materialistischen Standpunktes war. An anderer Stelle beschäftigte sich Lenin kritisch mit Eduard von Hartmann, dessen Arbeiten er früher und gründlicher gelesen hatte als die von Becher. Dabei interessierten ihn die besonderen Betrachtungen des Verfassers über die von ihm vertretene Spielart des Idealismus nicht.[190] Er benutzte auch hier Hartmanns Ausführungen als Bestätigung seiner Auffassung, daß der Idealismus der modernen Physik eine Mode, aber keine ernstzunehmende Abkehr vom philosophischen Materialismus sei.[191]

Durch ihre zwiespältige Haltung werden kritische Realisten auch später immer wieder in einen Zweifrontenkampf gebracht, der sich vor allem in der Diskussion um die Quantentheorie auswirkt. Sie kämpfen gegen den Positivismus und gegen den Materialismus. Durch die letztere Stoßrichtung wird die Erkenntnistheorie des kritischen Realismus auch annehmbar für den Neothomismus, obwohl manche kritische Realisten auch Atheisten waren. Die Verbindung von Neothomismus und kritischem Realismus wird durch Jesuiten wie G. Wetter und W. Büchel repräsentiert. Wetter hebt anerkennend das Bestreben der Sowjetphilosophen hervor, für eine Überwindung gewisser idealistischer und positivistischer Tendenzen in der Deutung

[189] W. I. Lenin, Materialismus und Empiriokritizismus, a. a. O., S. 291 f.
[190] Vgl. ebenda, S. 275.
[191] Vgl. ebenda, S. 276 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

der Quantenphysik einzutreten. Er verwahrt sich jedoch dagegen, den Realismus mit Materialismus zu verwechseln. Dabei macht er auch Heisenberg den Vorwurf, beide Auffassungen zu vermengen. Er schreibt dazu: „Es ist bedauerlich, daß auch W. Heisenberg diesen falschen Gebrauch des Wortes ‚Materialismus' mitmacht, wenn er von den verschiedenen Gegnern der [189] Quantenphysik aussagt, sie seien sich in der Tendenz einig, ‚zu der Realitätsvorstellung der klassischen Physik oder, allgemeiner gesprochen, zur Ontologie des Materialismus zurückzukehren', d. h. ‚zur Vorstellung einer objektiven, realen Welt, deren kleinste Teile in der gleichen Weise objektiv existieren, wie Steine und Bäume, gleichgültig, ob wir sie beobachten oder nicht'. Die ‚Ontologie des Materialismus' besagt primär, daß es in der Welt nichts anderes als Materie gibt und daß die geistigen Phänomene irgendwie aus der Materie stammen; die objektive, vom erkennenden Subjekt und vom Beobachter unabhängige Existenz der Gegenstände behauptet der Materialismus nicht, insofern er auf dem Boden einer materialistischen Ontologie steht, sondern sofern er in der Erkenntnistheorie sich zum Realismus bekennt."[192] Der Jesuit Wetter stimmt der Kritik des dialektischen Materialismus am Positivismus insofern zu, als die Existenz einer realen Außenwelt behauptet wird. Er wendet sich aber gegen die These vom Primat der Materie gegenüber dem Bewußtsein.

Wir wollen hier keine ausführliche Betrachtung der Grundstandpunkte des kritischen Realismus durchführen. Die kurzen Bemerkungen sollten jedoch die Breite der Standpunkte verdeutlichen, die kritische Realisten in bezug auf ontologische Probleme, auf Fragen, die die Struktur der Materie und ihren Ursprung betreffen, vertreten können. Der kritische Realist läßt die Frage nach dem Ursprung der Realität offen, der Neothomist beantwortet sie durch die Annahme von der Existenz Gottes.

Das von uns an Hand einiger Beispiele aufgezeigte und untersuchte Problem, die Determiniertheit von physikalischen Prozessen, wird von den kritischen Realisten verschieden betrachtet. B. Bavink schreibt, während er sich in den früheren Auflagen (vor 1927) der Fassung Plancks über die Existenz eines strengen Determinismus angeschlossen hätte – in der Auflage von 1930 ließ er die Frage mehr oder weniger offen – in der 5. Auflage seines Buches „Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaften": „Heute muß ich sagen, daß, je länger ich über die Dinge nachgedacht und je mehr ich darüber von seiten unserer führenden Physiker gelesen habe, mir desto mehr jenes Festhalten am Determinismus des klassischen Weltbildes als eine unberechtigte Dogmatisierung früherer, damals höchst fruchtbarer, heute jedoch überholter Denkweisen erscheinen will, wenn ich auch nicht verkenne und nicht in Abrede stelle, daß man mit einem gewissen Rechte von der Weiterentwicklung vielleicht auch eine Rehabilitierung des Determinismus wenigstens einstweilen noch erhoffen könnte. Für wahrscheinlicher halte ich es [190] jedoch gegenwärtig, daß die Entwicklung den entgegengesetzten Weg gehen und das ganze ältere Vorstellungsgebäude durch ein neues ersetzen wird."[193]

Obwohl sich Bavink gegen den Positivismus Heisenbergs und Jordans wendet, verwirft er vor allem die dogmatische Forderung, die Physik müsse zum Determinismus zurückkehren. Er betrachtet das völlig zu Recht als eine Entscheidung, die nicht der Erkenntnistheorie, sondern der Physik zukommt. „Die ganze Frage", meint Bavink, „ist gar keine Frage der Erkenntnistheorie, sondern eine Frage der Ontologie, d. h. es kommt nicht darauf an, wie ich mir die Welt denken soll oder kann oder muß, sondern wie sie wirklich ist."[194] Diese Auffassung muß man völlig unterstützen. Hier wird der kritische Realismus zum Bundesgenossen des Materialismus, wenn er in den Vordergrund die Anerkennung einer bewußtseinsunabhängigen Außenwelt stellt, die der Mensch erkennen muß. Bavink verwirft den klassischen Determinismus, „weil die Welt gar nicht so eingerichtet ist, wie dieses Ideal es voraussetzte. Wenn dies

[192] G. A. Wetter, Philosophie und Naturwissenschaft in der Sowjetunion, Hamburg 1958, S. 37 (Anm.).
[193] B. Bavink, Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaften, Leipzig 1933, S. 202.
[194] Ebenda, S. 204.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

letztere der Fall ist, so hat es keinen Sinn mehr, nach etwas zu suchen, was eben nicht vorhanden ist.“[195] Offensichtlich ist hier der Standpunkt kritischer Realisten nicht einheitlich. Eduard v. Hartmann und E. Becher erkannten die Existenz der Kausalität an. Bavink ging darüber hinaus und griff die indeterministische Deutung der Quantenphysik auf. Das wird dort deutlich, wo er die Konsequenzen seines Standpunkts für die Weltanschauung erläutert. Es geht ihm nicht um die Anerkennung einfacher Wunder. Ein Stein, der auf das Haupt eines Passanten fällt, wird nicht plötzlich durch ungleiche Verteilung der Molekulargeschwindigkeiten zu beiden Seiten des Steins merklich stark abgelenkt. Das sind für Bavink unmögliche Situationen. Aber er sieht im Wirken statistischer Gesetze den Hinweis auf die creatio continua, auf die ständige Schöpfung Gottes. Die Durchbrechung des klassischen Determinismus schafft nach Bavink Spielraum für das Wirken Gottes, und das Wirken statistischer Gesetze ist mit der Auflösung des objektiven Zusammenhangs identisch. Er sagt über die statistischen Gesetze: „Sowenig der Mensch als makroskopisches Wesen aus dem Banne dieser ‚Gesetze‘ herauskommt, sowenig erscheint nunmehr die göttliche Schöpfertat selber daran gebunden.“[196]

Der Materialismus hat hier gegenüber dem kritischen Realismus die Materie als causa sui zu verteidigen. Die Spekulation über die Schöpfung ist eine unnötige und unwissenschaftliche Annahme, die auch durch die Heisen-[191]bergschen Unbestimmtheitsrelationen nicht bestätigt wird. Hier wird die Kritik am klassischen Determinismus durch Bavink ausgenutzt, um die Auflösung des objektiven Zusammenhangs zu propagieren. Gerade die durch die Quantenphysik aufgedeckte Wechselwirkung der physikalischen Objekte, deren komplizierter Charakter sich in den statistischen Gesetzen widerspiegelt, wird von Bavink vernachlässigt. Er schreibt: „Kein einziges Wirkungsquant ist deshalb in der Welt vorhanden, weil irgendwelche anderen da wären, sondern es ist jedes für sich selbständig da. Von der alten Vorstellung, als ob der Zustand der Welt im Augenblick t_1 den anderen im Augenblick t_2 herbeizwinge, ist der letzte Rest verschwunden.“[197]

Wir hatten schon bei der Kopenhagener Deutung der Quantentheorie gesehen, daß der Zusammenhang zwischen Anfangs- und Endzustand nicht geleugnet wird. Aus dem Anfangszustand *A* ergibt sich nicht eindeutig der Endzustand *B*. Die Gesetze der klassischen Mechanik sind hier nicht anwendbar, weil, wie Heisenberg zeigte, der Anfangszustand nicht eindeutig bestimmt werden kann. Daraus ergibt sich für die Betrachtung der Kausalität, daß die Formulierung des Kausalprinzips in klassisch-mechanischer Form – auf den Zustand *A* folgt notwendig der durch *A* eindeutig bestimmte Zustand *B* – nicht mehr gilt. Betrachtet man jedoch die Heisenbergschen Gedankenexperimente, so werden diese Schlüsse aus der Wechselwirkung zwischen Lichtquant und Teilchen gezogen. Der objektive Zusammenhang zwischen den physikalischen Objekten verschwindet nicht, sondern unsere bisherige Auffassung davon war zu vereinfacht. Die Unbestimmtheitsrelationen beweisen vor allem den Einfluß der Teilchen aufeinander. Die Unbestimmtheit des Impulses wird bei Heisenberg durch die Benutzung kurzwelligen Lichts bei der Ortsbestimmung hervorgerufen, die einen Comptonrückstoß verursacht. Die Ortsunbestimmtheit wird dagegen durch langwelliges Licht verursacht, das uns den Impuls, aber nicht den Ort bestimmen läßt. Schon durch diese einfachen Betrachtungen, die Heisenberg immer wieder anstellte, wird die Fehlerhaftigkeit Bavinkscher Schlußfolgerungen von der isolierten Existenz der Wirkungsquanten deutlich. Bavink sieht auch, daß schon vor der Diskussion um die Quantenmechanik die Gesetze nicht immer als strenge Dämonen betrachtet wurden, die alles eindeutig bewirken. Er schreibt: „Man hat zwar auch früher immer wieder – und zwar auf allen Seiten – betont, daß die ‚Naturgesetze‘ keine Dämonen seien, die das Weltgeschehen im strengsten Sinne des Wortes bewirkten, sie seien bloße ‚Re-

[195] Ebenda.
[196] Ebenda, S. 215.
[197] Ebenda.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

geln des Geschehens', die der Mensch aus diesem abzulesen gelernt habe, allein diese Einsicht wurde doch immer aufs neue verdeckt durch die nun [192] einmal geltende Meinung, daß aus dem gegenwärtigen Zustand der folgende nach strengen Gesetzen berechenbar sei. Damit war doch dieser zweite Zustand auf irgendeine Weise zwangsläufig durch den ersten (und die angenommenen Gesetze) mitgegeben. Jetzt dagegen wird es völlig klar, daß und warum von einem solchen schlechthinnigen Determinismus gar keine Rede sein kann."[198] Solche Formulierungen wurden wegen ihrer Ablehnung des klassischen Determinismus als richtig betrachtet. Philosophisch gesprochen gilt die Forderung, daß die Ursache eindeutig die Wirkung vorausbestimmt, nicht allgemein. Aber ein Moment der Berechenbarkeit des zukünftigen Zustands aus dem gegenwärtigen bleibt bestehen. Aus dem gegenwärtigen Zustand, auch aus seiner ungenügenden Kenntnis, ergibt sich der zukünftige Zustand mit gesetzmäßiger Wahrscheinlichkeit. Die Gesetze, die Zustände miteinander verbinden, erweisen sich nur als ein Spezialfall der geltenden Gesetze. Das ist eine wesentliche Feststellung in der Auseinandersetzung mit den Indeterministen unter den kritischen Realisten.

Bavinks Feststellung, daß wir untersuchen müssen, wie die Welt ist, und nicht eine erdachte Welt beschreiben dürfen, ist berechtigt in der Auseinandersetzung mit positivistischen Überspitzungen, die gerade in den ersten Jahren nach der Begründung der Quantenmechanik auftauchten. Sie trifft vor allem auch die kritischen Realisten, die an der Existenz des klassischen Determinismus nicht zweifelten. Insofern begrüßen wir die Kritik Bavinks. Aber der Versuch, aus diesen Feststellungen die Existenz einer ständigen Schöpfung abzuleiten, da der objektive Zusammenhang durchbrochen werde, zeigt auch bei Bavink die Inkonsequenz seines Realismus, der nicht bis zum Materialismus geführt wird, zeigt seinen Kampf gegen den Materialismus. Dieser Zweifrontenkampf gegen Positivismus und Materialismus wird auch von heutigen kritischen Realisten fortgesetzt, wie A. Wenzl in einer Auseinandersetzung mit sowjetischen Philosophen betont.[199]

Wie der kritische Realist und Jesuit W. Büchel meint, erwachsen dem dialektischen Materialismus aus der Doppelnatur der Elementarteilchen Schwierigkeiten, weil für diesen die „Materie durch und durch handfest, greifbar und solid zu sein hat"[200]. Wir haben im vorhergehenden Kapitel schon gesehen, wie wenig die moderne Physik den dialektischen Materialismus und seinen Materiebegriff in Schwierigkeiten bringt. Aber wenn Büchel die Komplementarität als Stein des Anstoßes für die materialistischen Philosophen ansieht, so hat er damit nur insofern recht, als in der ersten Zeit nach ihrer [193] Begründung durch Bohr und ihrer Verbreitung durch Heisenberg die Hauptkritik dialektischer Materialisten gegen subjektiv-idealistische Folgerungen der Kopenhagener Deutung gerichtet war. Es wurde jedoch später die Komplementarität als ein Ahnen dialektischer Zusammenhänge betrachtet und diese Seite weiter ausgearbeitet. Mit solchen Vereinfachungen des dialektischen Materialismus will Büchel vor allem dartun, daß sein Standpunkt zur Quantentheorie dem dialektisch-materialistischen Standpunkt überlegen sei. In einer früheren Arbeit hatte er das Verhältnis von Quantentheorie und kritischem Realismus untersucht.[201] Er wendet sich gegen die Annahme eines objektiven, seinsmäßigen Indeterminismus. Aber der behauptete verborgene seinsmäßige Determinismus kann auch vom kritisch-realistischen Standpunkt aus nicht als Grundlage für eine Vorausberechnung physikalischer Ereignisse dienen. Nach Büchel ist das makrophysikalische Resultat einer an einem mikrophysikalischen Objekt vorgenommenen Messung „durch die Gesamtheit der objektiven Eigenschaften und Bestimmungen des mi-

198 Ebenda.
199 Vgl. „Osteuropa – Naturwissenschaft", Heft 1, Juli 1961.
200 W. Büchel, Dialektischer Materialismus und moderne Physik. In: „Stimmen der Zeit", 12/1960, S. 177.
201 Wir erläutern den Standpunkt der Neothomisten unter den kritischen Realisten hier nicht ausführlich. An anderer Stelle sind wir auf den Standpunkt Büchels u. a. kritisch eingegangen. Vgl. dazu: H. Hörz, Theologische Deutungen der Quantenmechanik. In: Moderne Naturwissenschaft und Atheismus, Berlin 1964, S. 115 ff.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

krophysikalischen Objekts ... auch dann seinsmäßig eindeutig vorausbestimmt, wenn gemäß der Quantenphysik eine eindeutige Vorausbestimmung grundsätzlich unmöglich ist“[202]

Hier wird der Gegensatz zwischen kritisch-realistischer Deutung und dialektischem Determinismus deutlich. Die Annahme eines seinsmäßigen Determinismus, der nicht nachgewiesen werden kann und im einzelnen gemäß der Quantenphysik – nach Büchel – keine Aussagen über die Zukunft gestattet, hilft der Wissenschaft nicht weiter. Hier geht es um die philosophische Analyse der Formen des objektiven Zusammenhangs, um die Ausnutzung der von der Physik entwickelten neuen Ideen über diese Formen. Wenn wir von der Bestimmtheit eines Ereignisses durch die Gesamtheit von Bedingungen sprachen, so meinten wir das bereits stattgefundene Ereignis. Ein zukünftiges Ereignis ist nicht vorausbestimmt, ebenso wie das Ereignis, das bereits stattgefunden hat, nicht vorausbestimmt war. Es ist ein Unterschied, ob ich von der Bestimmtheit des Ereignisses im Moment seiner Existenz oder von der Vorausbestimmtheit spreche. Die Bestimmtheit durch die Gesamtheit von Bedingungen ist ein unanalysierter Komplex von sich ständig verändernden Prozessen, die zu einem Ereignis geführt haben. Die prinzipielle Un-[194]kontrollierbarkeit aller Einwirkungen macht eine erkenntnismäßige Vorausbestimmung unmöglich. Aber auch die seinsmäßige Vorausbestimmung existiert nicht, da auf jedes zufällige Einzelereignis unendlich komplizierte Faktoren einwirken. Den Ausweg aus dieser Situation zeigt der dialektische Determinismus mit der Anerkennung objektiv existierender, relativ isolierter Systeme von Objekten mit bestimmten Systemgesetzen, mit der Existenz objektiver Gesetze als allgemein-notwendiger und wesentlicher Zusammenhänge usw. Die Alternative ist nicht: Entweder erkenne ich die Vorausbestimmtheit allen Geschehens und damit ihre Erkennbarkeit an, oder ich erkenne die Indeterminiertheit allen Geschehens und ihre Unerkennbarkeit an. Diese Alternative versuchte auch der kritische Realismus zu umgehen, indem Büchel die seinsmäßige Determiniertheit und die Grenzen der Erkenntnis annahm. Auch das ist gerade deshalb kein Ausweg, weil die Quantenmechanik hier nicht als Theorie des objektiven Zusammenhangs physikalischer Objekte begriffen wird. Ihre Einsichten in die Kompliziertheit physikalischen Geschehens geben dem Philosophen wichtige Hinweise für die Theorie von der Determiniertheit der Objekte. Deshalb wollen wir uns auch mit dem dialektischen Determinismus noch gesondert befassen.

Wir sahen, daß die Kritik Plancks und Einsteins, aber auch der kritisch-realistische Standpunkt, obwohl von verschiedenen philosophischen Ausgangspunkten kommend, den Leistungen Heisenbergs nicht gerecht werden und die von ihm gestellten neuen Fragen nach der Determiniertheit physikalischer Objekte nicht beantworten können. Nicht die Rückkehr zum klassischen Determinismus kann zur Erhaltung des materialistischen Standpunkts führen, sondern der Materialismus muß sich, indem er die von der Quantenmechanik erkannten Gesetze anerkennt und analysiert, mit der Existenz statistischer Gesetze auseinandersetzen. Dabei ist die für die Physik neue Fragestellung nach dem Verhältnis von dynamischen und statistischen Gesetzen und die prinzipielle Nichtreduzierbarkeit der statistischen auf dynamische Gesetze zu betrachten.

Die Behauptung eines seinsmäßigen Determinismus von seiten kritischer Realisten hilft der Physik nicht weiter, wenn aus ihr keine Folgerungen über die Entwicklung des Verhältnisses von dynamischen und statistischen Gesetzen gezogen werden können. Sie ist, wie etwa bei Büchel, die spekulative Rettung des Determinismus, indem dieser als prinzipiell unerkennbar angesehen wird. Hier muß die wirkliche Analyse des objektiven Zusammenhangs, der Typen von Gesetzen usw. der Bavinkschen Leugnung des objektiven Zusammenhangs und seiner Behauptung von der ständigen Schöp-[195]fung sowie der Büchelschen Spekulation vom Determinismus entgegengesetzt werden.

[202] W. Büchel, Quantenphysik und kritischer Realismus. In: Philosophia naturalis, Bd. V, 1958, S. 20 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Kritischer Realismus und naturwissenschaftlicher Materialismus sind Bundesgenossen im Kampf gegen Positivismus und subjektiven Idealismus. Aber sie sind nicht gleichwertig. Der naturwissenschaftliche Materialismus kann auf die Stufe des dialektischen Materialismus gehoben werden, indem der materialistische Standpunkt bewußt begründet und die objektive Dialektik der Naturerscheinungen analysiert wird. Der kritische Realismus führt dagegen den Kampf gegen den Materialismus. Sein realistischer Standpunkt, also seine Anerkennung einer realen Außenwelt, ist zwar von Wert, er liefert jedoch der Theologie Argumente und verdeckt die echten Probleme bei der Analyse neuer naturwissenschaftlicher Ergebnisse.

3. Der dialektische Determinismus und die Quantenphysik

Wir wollen nun zu einigen durch Heisenberg und andere Vertreter der Kopenhagener Deutung sowie durch deren Kritiker aufgeworfenen Problemen Stellung nehmen. Es sind vor allem zwei Problemkreise, die im Zusammenhang mit der Diskussion um die Quantentheorie und ihre physikalische Weiterentwicklung für das Problem des Determinismus interessieren. Das sind erstens die notwendige Modifizierung der Kausalitätsauffassung, ihr Platz im Determinismus und die an die Stelle der klassischen tretende neue Determinismusauffassung, die von der Anerkennung des Wirkens statistischer Gesetze und der Ungültigkeit der klassischen Kausalitätsauffassung ausgehen muß; und das ist zweitens das Problem der menschlichen Freiheit, zu dem wir aber weniger sagen wollen, da es in den Arbeiten Heisenbergs keine überragende Rolle spielt.

a) Die Modifizierung der Kausalitätsauffassung durch die moderne Physik

Wir wollen hier einige wesentliche Gedanken hervorheben, die besonders in der Kopenhagener Deutung und bei Heisenberg in der Diskussion um die Kausalität eine Rolle spielten. Versuchen wir, uns dazu erst einmal den Sachverhalt zu verdeutlichen. Zur Erläuterung der klassischen Kausalitätsauffassung nehmen wir als Beispiel den Zusammenstoß zweier Billardkugeln. Jede dieser Kugeln hat zu jedem Zeitpunkt einen bestimmten Ort und eine bestimmte Geschwindigkeit. Zusammen mit der Masse der Kugeln reichen [196] diese Parameter aus, um die Bewegung und Wechselwirkung der Kugeln zu beschreiben. Der erste zu betrachtende Fall wäre die Bewegung der Kugeln ohne Zusammenstoß. Wie wir aus den vorherigen Ausführungen wissen, wäre dann der Kausalität genügt, wenn wir aus dem Zustand *A* der Kugel zum Zeitpunkt t_0, der durch Ort, Masse und Geschwindigkeit bestimmt ist, den Zustand *B* zum Zeitpunkt t_1 eindeutig voraussagen können, was voraussetzt, daß der Zustand *A* den Zustand *B* eindeutig determiniert. Der Zustand *B* ist charakterisiert durch Ort und Geschwindigkeit zum Zeitpunkt t_1, die Masse verändert sich entsprechend der klassischen Auffassung nicht. Eine solche Kausalität ist jeweils gegeben, wenn wir den Zustand *A* kennen. Mit Hilfe des Hamilton-Formalismus kann aus *A* der Zustand *B* berechnet, also eine eindeutige Voraussage gemacht werden. Wie die Erfolge der klassischen Mechanik zeigen, wird dieser Sachverhalt durch das Experiment bestätigt. Hier ist das für die Kausalität wesentliche Moment der bewirkenden Ursache noch gar nicht enthalten. Laplace aber schrieb: „Wir müssen also den gegenwärtigen Zustand des Weltalls als die Wirkung seines früheren und als die Ursache des folgenden Zustands betrachten.“[203] Danach gehen hier alle zwischen verschiedenen Zuständen wirkenden Kräfte und Wechselwirkungen ein. Nimmt man den Fall des isolierten klassischen Körpers und seiner Bewegung, dann gilt zwar auch die Determination des Zustandes *B* durch *A*, aber eine bewirkende Ursache fällt aus der Analyse heraus. In dem Moment, wo wir die Wechselwirkung zwischen beiden Kugeln betrachten, tritt eine Veränderung der Parameter ein, deren Ursache das Einwirken der Kugeln aufeinander ist. Die erste Kugel bewirkt eine Richtungsänderung der zweiten und umgekehrt. Erst bei der Wechsel-

[203] P. Laplace, Philosophischer Versuch über die Wahrscheinlichkeit, Leipzig 1932, S. 1 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

wirkung liegen also bewirkende Ursachen vor. Sind jedoch die Parameter beider Kugeln exakt bekannt, dann kann auch die nach dem Zusammenstoß sich ergebende Bewegung vorausberechnet werden. Da es jedoch keine idealen Kugeln gibt, treten dabei auch zufällige, unwesentliche Abweichungen auf, die unberücksichtigt bleiben, da diese Abweichungen auf ein Minimum reduziert werden können. Nehmen wir nur diesen zweiten Fall an, bei dem die wirkende Ursache auftritt, so kann man die Frage nach der Ursache verschieden formulieren und bekommt auch verschiedene Antworten. Folgende Fragen sind möglich: Was ist die Ursache für die Richtungsänderung der zweiten oder der ersten Kugel, der Stoß der ersten auf die zweite Kugel oder der der zweiten auf die erste? Dabei können wir uns auf den konkreten Fall beziehen oder allgemein über den Zusammenstoß zweier Kugeln sprechen. [197] In diesem Zusammenhang weist schon Hegel darauf hin, daß man von unwesentlichen Eigenschaften bei der Betrachtung der Kausalität absehen kann: „So, ob der stoßende Körper Stein oder Holz, grün, gelb ist usf., dies tritt nicht in seinen Stoß ein; insofern ist er nicht Ursache.“[204] Wichtig für die Antwort auf unsere gestellte Frage ist der Stoß der Kugeln. Man kann aber mit einer anderen Frage eine andere Seite des Zusammenstoßes hervorheben: Was ist die Ursache für das Verhalten stoßender Körper? Das Existieren von Stoßgesetzen. Man könnte hier an den Impulserhaltungssatz denken oder an andere Erhaltungssätze. Hier wird das im Stoß sich ausdrückende gesetzmäßige Verhalten betrachtet. Man kann auch die Frage stellen: Was ist die Ursache für die Abweichungen vom vorausgesagten Ergebnis? Diese Frage läßt schon zwei prinzipiell verschiedene Antworten zu. Handelt es sich beispielsweise um eine angebohrte Kugel, die eine wesentliche Abweichung hervorruft, so liegt die Ursache in wesentlichen Unterschieden zur Idealkugel. Hier wird von der Wirkung auf die Ursache geschlossen, diese gesucht und gefunden. Es gibt jedoch unwesentliche Abweichungen, kleine Schwankungen um den vorausgesagten Wert. Diese betrachten wir als Zufälle, deren Ursachen zu finden praktisch unmöglich ist, weil für die Abweichung sehr viele Faktoren verantwortlich sein können. Das wurde auf eine unendlich komplizierte Ursachenkette führen, da atmosphärische Bedingungen, innere Strukturveränderungen usw., die selbst wieder durch einen unendlich komplizierten Komplex von Bedingungen bestimmt sind, die zufälligen Abweichungen hervorrufen können. Für die Antwort auf die letzte Frage ist jedoch wichtig, daß unwesentliche Abweichungen durch wesentliche Abweichungen ersetzt werden können; dann erfolgt die Untersuchung der Ursachen für wesentliche Abweichungen, die uns wiederum auf andere Gesetze führen, aber den Komplex von Ursachen und Bedingungen nicht völlig erkennen lassen.

Bei unseren bisherigen Betrachtungen ergibt sich für dies Kausalitätsproblem, daß der in einem konkreten Vorgang vorhandene Komplex von konkreten Kausalbeziehungen reduziert wird auf die wesentlichen Ursachen für wesentliche Wirkungen. Man sieht bei dem Zusammenstoß der Billardkugeln sowohl von unwesentlichen äußeren wie von unwesentlichen inneren Ursachen für Schwankungen ab. Die Kausalforschung tritt erst im Moment wesentlicher Abweichungen ein. Insofern ist für uns die schon von den Klassikern des Marxismus-Leninismus getroffene Feststellung von Bedeutung, daß sich die Notwendigkeit nur im Zufall durchsetzt und Gesetze im kon-[198]kreten Fall sich mit Abweichungen als Tendenz durchsetzen.[205] Der

[204] G. W. F. Hegel, Wissenschaft der Logik, Zweiter Teil, Leipzig 1951, S. 193.

[205] Um uns eine ausführliche Darlegung des Standpunkts der Klassiker des Marxismus-Leninismus zu ersparen, verweisen wir auf folgende Arbeiten des Verfassers, in denen wesentliche Seiten des dialektischen Determinismus dargelegt, die Auffassungen der Klassiker diskutiert und Beziehungen zu neuen Fragestellungen hergestellt werden:
H. Hörz: Der dialektische Determinismus in Natur und Gesellschaft.
Zum Verhältnis von Kausalität und Determinismus. In: „Deutsche Zeitschrift für Philosophie 2/1963, S. 151 ff.
Atome – Kausalität – Quantensprünge, S. 114 ff.
Wir werden uns auf einige dort breiter ausgeführte Auffassungen im Verlauf der Darlegungen in diesem Abschnitt stützen, ohne das jedesmal besonders hervorzuheben.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

klassische Determinismus, wie er besonders unter den Physikern verbreitet war, bestand nun in folgenden zusätzlichen Annahmen: Die klassische Mechanik sei die Grundwissenschaft für alle anderen Wissenschaften. Alle Beziehungen seien auf mechanische reduzierbar. Es gelten die mechanischen Gesetze, wodurch es möglich sei, zukünftige Zustände eindeutig vorauszusagen. Jede Abweichung vom Gesetz wurde für prinzipiell erkennbar gehalten, weil auf Kausalzusammenhängen beruhend. Damit wurde die in der marxistischen Kritik des klassischen Determinismus hervorgehobene Existenz objektiver Zufälle geleugnet. Alles war kausal bedingt, damit vorherbestimmt und exakt voraussagbar. Die praktisch auftretenden Erkenntnisschwierigkeiten waren nicht prinzipieller Natur.

Nehmen wir einen von der modernen Physik untersuchten Fall, und zwar den Zerfall eines Uranatoms oder das Auftreffen eines Teilchens nach dem Durchgang durch einen Spalt auf einen Ort des hinter dem Spalt angebrachten Leuchtschirms. Dieser Fall unterscheidet sich bei der Kausalbetrachtung, wie Heisenberg und andere zeigen, prinzipiell von der klassischen Auffassung und zeigt deren Unhaltbarkeit. Es ist hier nicht möglich, das Verhalten des einzelnen Uranatoms oder des sich bewegenden Elementarteilchens exakt vorauszusagen. Es gibt kein dynamisches Gesetz, das den Zustand *A* des Teilchens eindeutig mit dem Zustand *B* verbindet. Die Voraussage erfolgt durch die Angabe der Halbwertszeit, d. h. der Zeit, in der die Hälfte einer größeren Menge Uran zerfallen ist, oder durch die Angabe der Wahrscheinlichkeit für das Auftreffen des Teilchens auf einem bestimmten Ort des Schirmes mit Hilfe der Quantenmechanik. Der Schluß erfolgte nun umgekehrt. Es gibt keine eindeutige Voraussage, also keine Vorausbestimmtheit, also keine Kausalität und keinen Determinismus. Selbst die angeführten Äußerungen Borns, daß man nicht jede Verursachung ablehnen dürfe, helfen nicht über den Bruch mit der klassischen Kausalitätsauffassung hinweg. Man kann [199] nun bei der Preisgabe der Kausalität stehenbleiben oder sich Gedanken darüber machen, wie die Kausalitätsauffassung modifiziert werden muß, damit sie der Gültigkeit der Unbestimmtheitsrelationen und der Existenz statistischer Gesetze Rechnung trägt. Stellen wir deshalb wiederum unsere Fragen nach den Ursachen, so werden neue Momente deutlich, die in der dialektisch-materialistischen Kritik der klassischen Auffassung noch nicht enthalten sein konnten. Betrachten wir statt der zwei Billardkugeln das Gedankenexperiment Heisenbergs über das Zusammentreffen eines Elementarteilchens mit Lichtquanten unter dem Mikroskop zur Messung. Teilchen und Quant stehen so miteinander in Wechselwirkung, daß eine gleichzeitige Angabe von Ort und Impuls unmöglich wird, wie es in den Unbestimmtheitsrelationen zum Ausdruck kommt. Zwei Kugeln kann man zwar mit verschiedenen Parametern zusammentreffen lassen, daß das Ergebnis eine eindeutige Voraussage bleibt; aber Teilchen und Quant wirken so aufeinander ein, daß energiereiche Quanten von kurzwelligem Licht eine Impulsunschärfe bei Ortsgenauigkeit verursachen, während langwelliges Licht eine Ortsunschärfe bei Impulsgenauigkeit ergibt. Was sind die Ursachen dafür? Die Ursache für das Verhalten des Teilchens oder Lichtquants ist die Wechselwirkung des einen mit dem anderen und umgekehrt. Sie verhalten sich auch nach Gesetzen, jedoch nach statistischen Gesetzen. Dadurch erhält die Frage nach den Abweichungen vom Gesetz eine völlig neue Antwort. Das Gesetz gibt uns die statistische Verteilung der Teilchen auf dem Schirm oder die Halbwertszeit an. In bezug auf diese Gesetze sind das Verhalten des einzelnen Teilchens und der Zerfall des einzelnen Atoms zufällig.[206] Das Gesetz bestimmt das Auftreffen des Teilchens auf einem bestimmten Ort nicht eindeutig voraus, auch nicht den Zerfall des Atoms zu einem bestimmten Zeitpunkt. Wenden

[206] Der Zufall selbst hat verschiedene Aspekte. Beim Zusammentreffen zweier Ereignisse sprechen wir vom Zufall, wenn sie sich nicht gegenseitig begründen, die Ursache für das Vorhandensein des einen nicht durch das Vorhandensein des anderen gegeben ist; das eine durch das andere nicht unabweichlich, unveränderlich mitgesetzt ist. Jedes dieser Ereignisse braucht, für sich genommen, nicht zufällig zu sein, aber ihr Zusammentreffen ist es. Ein Einzelereignis ist dann zufällig, wenn für sein Auftreten kein allgemein-notwendiger und wesentlicher Zusammenhang, also kein Gesetz existiert, das sein Auftreten (Ort, Zeit und Art) eindeutig begründet. Zufällige Ereignisse sind damit solche, die nicht eindeutig reproduzierbar sind.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

wir hier nun das an, was wir schon über den Zufall in der klassischen Physik sagten, so ergibt sich: Das zufällige Ereignis wird nicht eindeutig vorherbestimmt und kann deshalb prinzipiell nicht vorausgesagt werden. Aber es handelt sich hier nicht nur um die Zufälligkeit der Ereignisse hinsichtlich [200] der Art der Schwankungen um das Ergebnis der Voraussage für das Einzelobjekt, sondern hier ist das Verhalten des Einzelobjekts selbst zufällig.

Zwar hängt der Zustand *A* auch mit dem Zustand *B* des Teilchens zusammen, aber nicht eindeutig. Hier muß für die Analyse neben dem Verhältnis von Notwendigkeit und Zufall das Verhältnis von Möglichkeit und Wirklichkeit berücksichtigt werden, auf das auch Heisenberg schon verwies. Das Einzelteilchen verhält sich nicht nur zufällig in bezug auf den Zustand *B*, sondern die statistischen Gesetze geben seinem Verhalten einen Rahmen durch eine gesetzmäßig miteinander verbundene Reihe von Möglichkeiten, und nur diese kann es verwirklichen. Hier wird der prinzipielle Unterschied zwischen klassischer und moderner Physik deutlich. Die klassische Physik (Massenpunktmechanik) erfaßte im Gesetz eine Möglichkeit, die vom Einzelobjekt notwendig verwirklicht wurde, wobei die auftretenden Schwankungen im Einzelfall auf die Durchsetzung der Notwendigkeit im Zufall hinwiesen. Die Quantenmechanik erfaßt dagegen mit ihren statistischen Gesetzen in Wahrscheinlichkeitsaussagen ausgedrückte Möglichkeiten für das Verhalten der Einzelobjekte. Welche Möglichkeit vom Einzelobjekt verwirklicht wird, ist zufällig. Wenn man nach den Ursachen dieser Zufälligkeit fragt, dann kann man verschiedene Antworten geben, die auch den Unterschied zwischen dem mechanischen und dem dialektischen Determinismus deutlich machen. Man kann, wie Einstein es tat, die Aufgabe stellen, die Ursachen für das zufällige Verhalten des Einzelobjekts zu finden. Aber das wäre ein Rückfall in den mechanischen Determinismus. Man würde damit den Zufall wiederum auf kausales Verhalten reduzieren und dieses als vorherbestimmt und voraussagbar betrachten. Man kann aber auch die Frage nach den wesentlichen Ursachen für das statistische Verhalten der Elementarobjekte stellen, die in der Struktur und in den Umwandlungsprozessen liegen können. Damit fordert man statt der Reduktion des Zufalls auf die Notwendigkeit die Aufdeckung tiefer liegender Gesetze, die uns neue Einsichten in das statistische Verhalten der Quantenobjekte vermittelt. Damit bleibt trotz des Fortschritts der Theorie das zufällige Verwirklichen einer Möglichkeit durch ein bestimmtes Einzelobjekt durch einen unendlich komplizierten Komplex von Ursachen bedingt, die nicht in ihrer Gesamtheit aufgedeckt werden können.

Die Orientierung, die der dialektische Determinismus für die Wissenschaft gibt, besteht darin, ständig neue Gesetze aufzudecken. Kausalforschung bedeutet nicht, alle Ursachen zu finden, was prinzipiell unmöglich ist, sondern wesentliche Ursachen für Veränderungen aufzudecken, die eine Reproduktion des Vorgangs und damit eine Voraussage gestatten. Kausalität wird aber somit anders als im klassischen Determinismus gefaßt. Sie ist die konkrete [201] Vermittlung des objektiven Zusammenhangs zwischen verschiedenen Prozessen. Dabei unterscheiden wir zwischen Kausalgesetz oder Kausalprinzip und dem konkreten Kausalzusammenhang.

Das Kausalgesetz besagt, daß alle Zusammenhänge zwischen materiellen Objekten und Systemen durch materielle Prozesse konstituiert werden, wobei jede Veränderung ihren Grund in der objektiven Realität und nicht außerhalb von ihr hat. – Auch die Veränderungen, die der Mensch hervorruft, gehören zu dieser Gruppe verursachter Wirkungen. – Dieses Kausalprinzip wird manchmal unzulässig auf eine klassische Form eingeengt, bei der der konkrete Kausalzusammenhang dadurch bestimmt ist, daß eine bestimmte Ursache notwendig eine bestimmte Wirkung hervorbringt. Die oben angegebenen objektiven Zusammenhänge bestehen dann aus den klassischen Kausalbeziehungen, die man alle untersuchen kann. Im Physiklehrbuch Westphals wird als Kausalprinzip formuliert: „Sind in irgendeinem Augenblick sämtliche Größen quantitativ bekannt, die die Zustände sämtlicher an einem Naturvorgang beteiligten Dinge erschöpfend beschreiben, so ist es wenigstens gedanklich möglich, sowohl seinen vorhergehenden als auch seinen weiteren Verlauf in allen Einzelheiten auf Grund der Naturge-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

setze eindeutig zu berechnen. Man drückt das auch so aus: Alle Naturvorgänge sind streng determiniert.“[207] Westphal betont dann, daß solch ein strenger Determinismus bei den Elementarvorgängen an den Atomen nicht gilt, sondern dort statistische Aussagen gemacht werden müssen, womit die Voraussetzung in der obigen Definition nicht mehr zutrifft. Er schreibt dazu: „Determiniert sind in diesem Bereich nur noch die Wahrscheinlichkeiten dafür, nach einer Messung an einem System dieses bei einer erneuten Messung in bestimmten Zuständen vorzufinden.“[208]

Westphal kritisiert die Einschränkung des Kausalitätsprinzips auf seine klassische Form und betont die Determiniertheit der Wahrscheinlichkeiten. Eben um diese neue Art der Determiniertheit geht es im dialektischen Determinismus. Sie muß deshalb herausgearbeitet werden, weil sie grundlegende Bedeutung für den Determinismus auf allen Gebieten hat. Es genügt nicht, das klassische Kausalitätsprinzip nur zu kritisieren, sondern es muß zugleich seine neue Form bestimmt werden. Für die Bestimmung ist nicht eine konkrete Form der Kausalität oder sogar die Kausalität als einzige Form des Zusammenhangs wesentlich, sondern die Existenz des objektiven Zusammenhangs überhaupt, aus dem sich ergibt, daß die Ursache für materielle Veränderungen in anderen materiellen Prozessen liegt. Der Sinn des Kau-[202]salitätsprinzips besteht also in der Bedeutung, die der Kausalforschung zugemessen wird, wobei nicht die Forderung erhoben wird, alle Ursachen eines zufälligen Ereignisses zu finden, weil diese Forderung sinnlos ist. Über die weitere Form des Zusammenhangs macht das Kausalprinzip keine Aussagen. Wir haben aber schon gesehen, daß nicht nur die Durchsetzung der Notwendigkeit im Zufall und die Existenz objektiver Gesetze, sondern auch die Verwirklichung von Möglichkeiten wesentlich ist.

Mit der Erweiterung des Kausalprinzips durch die Beseitigung seiner klassischen Einschränkung muß auch die klassische Bestimmung des Kausalzusammenhangs aufgehoben werden. Für jeden konkreten Kausalzusammenhang gilt, daß er undifferenziert nach Notwendigkeit und Zufall ist. Eine Ursache bringt nicht notwendig eine bestimmte Wirkung hervor, und nicht jede Wirkung muß eine ganz bestimmte Ursache haben. Anfangs- und Endzustand eines komplizierten Systems werden durch eine Vielfalt von Kausalzusammenhängen vermittelt, deren Komplex keine Summe isolierter Kausalzusammenhänge ist, die man einzeln der Analyse unterwerfen kann. Aber es wirken in einem System von Kausalzusammenhängen Gesetze, die wir aufdecken und die im Falle der Quantenmechanik etwas über den gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen einem Strahl von Elementarteilchen, die sich durch einen Spalt bewegen, und der Verteilung auf einem Leuchtschirm aussagen. Der klassische Determinismus verlangte die Auflösung des Komplexes von Kausalzusammenhängen, die gesetzmäßige Erklärung des Zufalls und die Reduktion der statistischen auf dynamische Gesetze. Damit erlag er, wie die moderne Physik zeigte, einer Illusion. Nicht auf die kausale Erkenntnis des Zufalls, sondern auf die Entdeckung neuer tiefliegender Gesetze kommt es an. Der Zusammenhang ist komplizierter, als es der klassische Determinismus annahm. Die Kausalbeziehungen sind nur Momente des universellen Zusammenhangs. Selbst die Kausalbeziehung ist nicht statisch. Ursache und Wirkungen wechseln ihren Platz. Der Zusammenhang zwischen Ursachen und Wirkungen ist vielseitig. Gegen die einseitige Formulierung, die Ursache sei mit der Wirkung gleich, wurde früher schon auf die Tatsache verwiesen, daß kleine Ursachen große Wirkungen hervorbringen. Die Vielgestaltigkeit des Kausalverhältnisses wurde des öfteren untersucht. Auch Bavink verwies auf verschiedene Ursache-Wirkungs-Beziehungen. Er schrieb: „Es ist notwendig, sich klarzumachen, was mit der gebräuchlichen Redeweise von einem ‚ursächlichen‘ Zusammenhange eigentlich gemeint ist. Eine kurze Besinnung zeigt uns, daß dies keineswegs immer dasselbe, das ganze Problem schon deshalb also von vornherein gar kein

[207] W. Westphal, Physik, Berlin – Göttingen – Heidelberg 1956, S. 5.
[208] Ebenda, S. 5 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

einheitliches ist, und daß es darum falsch ist, das, was man etwa an einem oder einigen gleichartigen Beispielen in einer erkenntnistheoretischen Er-[203]örterung gefunden zu haben glaubt, ohne weiteres für die ganze Lösung des Kausalproblems überhaupt zu halten.“[209] Danach analysiert er einige Formen von Kausalverhältnissen. Die erste, die auch mit der klassischen Formulierung übereinstimmen würde, ist der Zusammenhang zwischen zwei Prozessen, wobei der eine notwendig den anderen mit sich bringt. Bavink beschreibt diesen Fall mit folgenden Worten: „Der gewöhnlichste Kausalitätsbegriff steckt in solchen Sätzen wie den folgenden: Der Schuß durch das Herz war die Ursache des Todes. Die Düngung dieser Wiese mit Ammonsulfat ist die Ursache ihres besseren Graswachstums. Solche Ursachenurteile fällt schon das Kind und der Wilde, ja selbst das Tier, wenn auch ohne Worte. Das allgemeine Wesen solcher Kausalurteile besteht darin, daß wir einen gewissen Erscheinungskomplex *B* in einen eigentümlichen inneren Zusammenhang mit einem Komplex *A* bringen, der dem anderen zeitlich vorherging. Wir sind dabei überzeugt, daß *B* ohne vorheriges *A* nicht eingetreten sein würde, daß aber umgekehrt, nachdem einmal *A* eingetreten war, *B* eintreten mußte, denn ‚unter gleichen Umständen geschieht Gleiches‘.“[210]

Als weiteren Fall nennt Bavink das Urteil: Der Strom in einem Draht ist die Ursache des festzustellenden Magnetfeldes. Obwohl Ursache und Wirkung stets gleichzeitig sind, bezeichnet nach Bavink niemand das Magnetfeld als Ursache des Stromes. Das dürfte eine etwas einseitige Formulierung sein, da wir auch den umgekehrten Fall betrachten können, wobei ein zeitlich veränderliches magnetisches Feld genommen wird, das von elektrischen Feldlinien umgeben ist. Wesentlich ist hier gerade die Gleichzeitigkeit von Ursache und Wirkung, besser wäre es, zu sagen, die wechselseitige Verbindung von elektrischem und Magnetfeld. Hier wird auch schon deutlich, was wir zum Gesetz sagten. Es geht hier nicht um Ursache und Wirkung, sondern um die wesentlichen und allgemein-notwendigen Zusammenhänge zwischen elektrischem und magnetischem Feld, die miteinander koexistieren. Die weitere Kausalforschung untersucht die Gesetze für die Elementarprozesse, die bei der Bildung der Felder vor sich gehen, sie sucht nicht die Ursachen für die zufällige Bildung eines bestimmten Feldes. Diese Ursachen werden nur gesucht, wenn es wesentliche Abweichungen vom Gesetz gibt, was auf falsche Experimentieranordnung, defekte Leitung u. a. zurückführbar sein kann. Wir hätten also hiermit schon kausale Aufeinanderfolge und kausale Koexistenz. Über die letztere sagt Bavink: „Man kann sich auch physikalisch klarmachen, daß sich das Magnetfeld vom Strom aus tatsächlich mit endlicher, wenn auch sehr großer Geschwindigkeit (der Lichtgeschwindigkeit) erst ausbreitet, in diesem Sinne also tatsächlich behauptet werden [204] könnte, daß der Strom vor dem Magnetfeld da wäre. Allein das weiß eben auch nur der Physiker, nicht der Laie, und trotzdem bezeichnet auch dieser ganz ohne jedes Besinnen den Richtungssinn des Kausalverhältnisses richtig, obwohl für ihn Strom und Magnetfeld gleichzeitig vorhanden sind. Was er meint, ist also auf jeden Fall keine Sukzession wie in jenen erstgenannten Fällen, sondern eine gesetzmäßige Koexistenz, die trotzdem mit dem Richtungssinn behaftet ist.“[211]

Mit der Formulierung von der „gesetzmäßigen Koexistenz“ kommt Bavink dem Wesen der Sache schon näher. Die zugrunde liegenden Kausalzusammenhänge sind sicher komplizierter, wenn man an die Bewegung der Pole und Ladungen denkt, als das durch das Urteil, der Strom ist Ursache des Magnetfeldes, ausgedrückt werden könnte. Was wir über die Koexistenz von elektrischen und magnetischen Feldern wissen, sind wichtige Gesetze. Sie sind die Grundlage unserer physikalischen Theorie vom Elektromagnetismus und seiner praktischen Ausnutzung. Die Gesetze existieren auf der Grundlage komplexer Kausalbeziehungen, die nicht völlig aufzulösen sind, aber deren tieferliegende Gesetze erkannt werden können.

[209] B. Bavink, Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaften, S. 188.
[210] Ebenda.
[211] Ebenda, S. 189.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Bavink nennt als dritte Art kausaler Urteile folgende: „Eine dritte Art kausaler Urteile haben wir in solchen Sätzen wie dem, daß die Ursache der Spaltung der Erbanlagen in den bei der sog. Reduktionsteilung stattfindenden Vorgängen an den Chromosomen oder die Ursache des Gewitters in gewissen luftelektrischen Vorgängen zu suchen sei. Hier wollen wir offenbar mit dem fraglichen Satze aussagen, was eigentlich hinter den betreffenden Erscheinungen steckt, worin sie im Grunde eigentlich bestehen. Das Wort ‚Ur-Sache' ist hier also in engerem etymologischen Sinne gebraucht."[212] Hier wird die Erklärung einer komplexen Erscheinung durch die wesentlichen Vorgänge untersucht, die zur Erscheinung führten. Wir suchen wiederum nicht die Ursachen für ein bestimmtes Gewitter, sondern das Gewitter als gesetzmäßigen Prozeß zu erfassen. Eine Kausalerklärung im klassischen Sinn ist unmöglich. Sie würde besagen, man müsse das Gewitter auf alle elektrischen Elementarreaktionen zurückführen, die Ursachen für sie und für die konkrete Zusammenballung in einem bestimmten Bereich der Atmosphäre suchen usw. Das ist praktisch unmöglich. Uns interessieren die Gesetze, nach denen ein Gewitter abläuft, und damit die wesentlichen Ursachen, die zu seiner Entstehung führen. Die Erklärung eines Vorgangs läuft also auf eine Erklärung durch Gesetze und nicht durch Kausalbeziehungen hinaus.

Eine weitere von Bavink genannte Art von Kausalbeziehungen führt uns noch näher an die eigentliche Problematik heran. Er schreibt: Der Meteo-[205]rologe stellt fest, „daß mit der Zahl der Sonnenflecken, die in Perioden von etwa 11 Jahren Maxima und Minima aufweist, auch gewisse meteorologische Erscheinungen sich periodisch ändern. Er schließt wiederum, daß zwischen beiden irgendein uns freilich einstweilen undurchsichtiger ‚Kausalzusammenhang' bestehen müsse. Es gibt ganze Wissenschaftszweige, die auf derartige statistische Verfahren in der Hauptsache angewiesen sind, u. a. die menschliche Erbforschung. In allen diesen kommt es stets darauf an, festzustellen, ob der zwischen zwei oder mehr Erscheinungen bestehende ‚Korrelationskoeffizient' größer ist, als nach der allgemeinen Wahrscheinlichkeit zu erwarten ist. Ist das der Fall, so ist ein ‚kausaler Zusammenhang' der fraglichen Erscheinungen wahrscheinlich gemacht. Jedoch wird damit nicht etwa ohne weiteres behauptet, *A* sei die Ursache von *B*, sondern es wird zumeist so sein, daß beide Wirkungen eines und desselben dritten Komplexes *C* sind."[213] Hier wird noch deutlicher, daß den bisher betrachteten Kausalbeziehungen ein weiterer Komplex von Kausalbeziehungen zugrunde liegt. Kausalforschung jagt den Ursachen hinterher, ohne sie jemals voll erfassen zu können. Die Wissenschaft aber hat nicht kausales Verhalten zu erforschen, sondern Gesetze. Dabei haben manche Gesetze die Form von Aussagen über wesentliche Ursachen, die notwendig eine bestimmte Wirkung unter definierten Bedingungen hervorbringen. So wird eine Kraft, die auf einen sich bewegenden Körper einwirkt, diesem eine Beschleunigung erteilen entsprechend dem Gesetz: Kraft ist Masse mal Beschleunigung. Die Kraft ist die Ursache, die Beschleunigung die Wirkung. Das Gesetz erfaßt aber nicht nur diesen Fall. Ein Gegenstand, der durch freien Fall eine große Beschleunigung erhält, wirkt mit großer Kraft auf das Hindernis ein, auf das er auftrifft. Das Gesetz drückt also den Wechsel von Ursache und Wirkung durch Proportionalitäten aus. Es kann auch Koexistenzen, zeitliche Abläufe, statistische Verteilungen u. a. erfassen. Aber diesen objektiven Gesetzen liegen unauflösbare Komplexe von Kausalbeziehungen zugrunde.

Bavink faßt Kausalität folgendermaßen: „Überblicken wir das bisher Gesagte, so ergibt sich folgendes: Es handelt sich bei kausalen Urteilen stets um Aussagen über Koexistenzen oder Sukzessionen von Erscheinungen oder Erscheinungsgruppen, die als nicht zufällig, sondern notwendig (gesetzmäßig oder mindestens regelmäßig) vorgestellt werden. Dabei wird entweder die eine *A* als die Ursache, die andere *B* als die Wirkung (oder auch mehrere A_1, A_2 usw. als die Ursachen der Wirkung *B*) bezeichnet, oder aber es werden sowohl *A* wie *B* als Wir-

[212] Ebenda
[213] Ebenda, S. 190.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

kungen desselben dritten Komplexes C (C_1, C_2 ...) gedacht. In beiden Fällen ist der Richtungssinn Ursache → Wirkung [206] nicht umkehrbar. Eine Theorie der Kausalität muß offenbar zunächst einmal diese beiden Hauptmerkmale des Kausalitätsbegriffs: die Notwendigkeit und den Richtungssinn, erklären. Sie muß dann zweitens aber auch uns eine Antwort auf die Frage geben, bis wie weit denn nun diesen beiden Begriffen objektive Geltung zuzuschreiben ist, oder was in Wahrheit etwa ihnen zugrunde liegt.“[214]

In dieser Definition Bavinks ist bereits eine Erweiterung der klassischen Auffassung enthalten durch den Versuch, die vielfältigen Formen von Kausalbeziehungen in sie aufzunehmen. Wir haben die Ansichten Bavinks deshalb so ausführlich dargestellt, weil sie einerseits die Mannigfaltigkeit von möglichen Kausalbeziehungen zeigen, was weit über viele andere Darstellungen hinausgeht, andererseits aber unseren Haupteinwand nicht berücksichtigen, den wir gegen Heisenbergs Behauptung vom Indeterminismus richten. Es muß der Unterschied zwischen Gesetz und Kausalität berücksichtigt werden und die Kausalitätsauffassung so modifiziert werden, daß der Kausalität als konkretem objektivem Zusammenhang das Moment der Notwendigkeit nicht mehr in jedem Fall zugesprochen wird, sondern nur dann, wenn es sich nicht mehr um Kausalbeziehungen, sondern schon um Gesetze handelt. Wir möchten also gerade vor einer Überbetonung der Kausalität warnen.

Die Bedeutung der Kausalität sehen wir erstens in folgendem: Die Komplexe von Kausalbeziehungen, d. h. von Systemen konkreter Zusammenhänge zwischen Objekten, sind Grundlage für die Existenz von Gesetzen, d. h. also von allgemein-notwendigen und wesentlichen Zusammenhängen. Dazu rechnen wir auch die statistischen Gesetze, die nicht, berücksichtigen wir das bisher Gesagte, auf der Grundlage eines Systems isolierter Kausalbeziehungen existieren, weil es letztere gar nicht gibt. Die Frage ist: Existieren objektive Gesetze dieses Systems von Kausalbeziehungen? Sie muß mit Ja beantwortet werden, da auch der komplizierte Zusammenhang, der bei den Objekten der Quantenmechanik existiert, durch die quantenmechanischen Gesetze erfaßt werden kann, die uns eine Wahrscheinlichkeitsaussage über die durch ein Quantenobjekt zufällig verwirklicht werdende Möglichkeit gestatten. Hier gilt es vor allem, die Gleichsetzung von Kausalität und Gesetz zu durchbrechen, die Kausalität vielmehr als die konkrete Vermittlung des Zusammenhangs zu betrachten und die verschiedenen Typen von Gesetzen zu untersuchen.

Wir hatten bei Betrachtungen im ersten Abschnitt dieses Kapitels die Frage gestellt, welche Bedeutung die Anerkennung einer Determiniertheit des Zufalls außer der weltanschaulichen Entgegensetzung zum Idealismus hat. Wir [207] hatten Zufall als ein Ereignis betrachtet, das zwar durch die Gesamtheit der Bedingungen bestimmt wird, aber nicht kausal betrachtet werden kann. Wir können das jetzt ergänzen, indem wir hervorheben, daß der Zufall ein objektives Ereignis oder das Zusammentreffen verschiedener objektiver Ereignisse ist, dem bzw. denen ebenfalls ein Komplex von Kausalbeziehungen zugrunde liegt, wofür es aber keine Gesetze gibt. Hierin liegt jedoch ein wesentlicher Punkt des Verhältnisses Kausalität – Zufall – Gesetz. Zufällige Abweichungen vom Gesetz können wesentlich werden und unterliegen dann der Kausalforschung. Das Versagen einer Maschine, eines Experiments, eines Geräts kann zufällige Ursachen haben, die man finden und beseitigen muß. Leugnet man die Bestimmtheit des Zufalls, dann schließt man diese Art der Kausalforschung aus. Sie ist aber legitimer Bestandteil menschlichen Handelns. So muß man beispielsweise aus einem Experiment eventuelle Schmutzeffekte ausschließen, da sie zu falschen Schlußfolgerungen Anlaß geben könnten.

Wir sehen zweitens die Bedeutung der Kausalitätsauffassung in der Begründung des Vorhandenseins von Ursachen für Abweichungen von Gesetzen und vom gesetzmäßigen Verhalten. Das Zusammenwirken der Gesetze erfolgt nicht einwandfrei, wenn ein Glied in der Kette

[214] Ebenda.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

der Bedingungen fehlt. So geht der Schuß nicht los, wenn das Pulver naß ist; der Strom fließt nicht, wenn die Leitung defekt ist, usw. Da wir auch in unseren Geräten solche komplizierten Kausalbeziehungen durch die Ausnutzung eines Systems von Gesetzen herstellen, muß man diese Ursache-Wirkungs-Relation, die beim zufälligen Versagen auftritt, berücksichtigen.

Drittens begründet unsere Auffassung auch die Existenz neuer Gesetze und ihre notwendige Erforschung. Die Quantenmechanik, von Heisenberg mitbegründet, untersucht das statistische Verhalten der Quantenobjekte. Würden hier keine elementaren objektiven Zusammenhänge zugrunde liegen, so wäre die Forschung auf diesem Gebiet abgeschlossen. In Wirklichkeit gilt es aber, die Elementarteilchen zu untersuchen, um eine einheitliche Theorie der Elementarteilchen aufstellen zu können, und die Struktur der Elementarteilchen zu erfassen. So orientiert unsere Kausalauffassung nicht auf die kausale Verfolgung des Zufalls, sondern auf die weitere Erforschung bisher ungeklärter Zusammenhänge, auf die Aufdeckung neuer Gesetze.

Zusammenfassend können wir noch einmal hervorheben, was wir unter Änderung der Kausalauffassung im dialektischen Determinismus verstehen und inwiefern hier die von Heisenberg aufgeworfenen Probleme untersucht worden sind. Wir hatten vor allem auf den Unterschied zwischen Kausalgesetz und konkretem Kausalzusammenhang verwiesen. Im Kausalgesetz kommt der alte materialistische Grundsatz von der Materie als causa sui zum [208] Ausdruck. Ursachen für Veränderungen sind innerhalb der Materie, in bekannten, aber auch in unbekannten Bereichen, und nicht außerhalb von ihr zu suchen. Dem konkreten Kausalzusammenhang wird vor allem das Merkmal der Notwendigkeit genommen. Er wird auf den konkreten objektiven Zusammenhang zwischen Objekten und Prozessen erweitert, ohne nach Notwendigkeit und Zufall differenziert zu sein. Eine bestimmte Ursache bringt nicht notwendig eine bestimmte Wirkung hervor. Damit wird vor allem die Existenz objektiver Zufälle anerkannt, die keine wesentlichen Ursachen besitzen und deren kausale Erklärung im Sinne von notwendigen Ursachen, die eindeutig zu diesem Zufall führten, prinzipiell unmöglich ist. Zufälle, die wesentliche Abweichungen von Gesetzen zum Ausdruck bringen, müssen auf das sie verursachende Wirken durch andere Gesetze untersucht werden. Das Wirken der so verstandenen Kausalität ist Grundlage der Gültigkeit von Gesetzen, des Durchsetzens der Notwendigkeit im Zufall, des Auftretens solcher Zufälle, die wesentliche Abweichungen von bisher bekannten Gesetzen darstellen und deshalb auf das Wirken anderer bekannter oder, was für die Forschung wesentlich ist, auf das Wirken bisher unbekannter Gesetze verweisen. Hier unterliegt dann der Zufall einer Analyse, die das in einer zufälligen Erscheinung wirkende Gesetz oder ein System von Gesetzen als Ursache, aber nicht alle existierenden Ursachen aufdeckt. Der verschiedene Gebrauch des Wortes Ursache verleitet hier zu Fehlschlüssen. Die Kausalität erweist sich nur als ein Teil des objektiven Zusammenhangs, als die konkrete direkte Vermittlung des Zusammenhangs, auf deren Grundlage die Gesetze und andere Formen des Zusammenhangs wirken. Kausalität muß man vom Gesetz unterscheiden, wobei aber zu berücksichtigen ist, daß es verschiedene Typen von Gesetzen gibt.

b) Determinismus und Gesetz

Mit dem Ausdruck Indeterminismus wollten Heisenberg und die Vertreter der Kopenhagener Deutung das Wirken objektiver Zufälle und die Existenz statistischer Gesetze ausdrücken. Damit nahmen sie einen philosophisch vorbelasteten Terminus, um ihre Ablehnung der bestehenden Determinismusauffassung zu kennzeichnen. Wir benutzen, um das positive Anliegen auszudrücken, nämlich die Ersetzung des klassischen Determinismus durch eine Theorie vom objektiven Zusammenhang, die der aufgedeckten Kompliziertheit gerecht wird, den in der marxistischen Philosophie üblichen Terminus „dialektischer Determinismus“. Unter dialektischem Determinismus verstehen wir die Bedingtheit und Bestimmtheit der Objekte und Prozesse und der vor sich gehenden Veränderungen im Gesamtzusammenhang. Einerseits [209] ist der Gesamtzusammenhang durch das Vorhandensein von Kausalbeziehungen bestimmt.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Andererseits wirken auf der Grundlage von Komplexen dieser Beziehungen neue Formen des Zusammenhangs und existieren verschiedene Typen von Gesetzen. Damit wollen wir uns jetzt befassen, um die Notwendigkeit der bisher betrachteten Änderung der Kausalitätsauffassung auf Grund der Ergebnisse der Quantentheorie.

Gehen wir erst noch einmal auf den zentralen Begriff des Determinismus, auf den Gesetzesbegriff ein. Ein Gesetz ist ein allgemein-notwendiger, ein wiederholbarer oder sich selbst wiederholender wesentlicher Zusammenhang. Der Charakter des dynamischen und des statistischen Gesetzes kann dadurch erfaßt werden, daß das dynamische Gesetz die notwendige Verwirklichung *einer* Möglichkeit ausdrückt. Damit ist eine eindeutige Beziehung zwischen Anfangs- und Endzustand gegeben. Der Endzustand, die verwirklichte Möglichkeit, ist durch die eine Möglichkeit, die das Objekt oder der Prozeß überhaupt verwirklichen kann, vorherbestimmt. Das statistische Gesetz dagegen ist die zufällige Verwirklichung einer Möglichkeit aus einer gesetzmäßig verbundenen Reihe von Möglichkeiten. Die Notwendigkeit hat hier verschiedene Seiten. Sie steckt in der durch das Gesetz bestimmten Verbindung der Möglichkeiten (Wahrscheinlichkeiten) untereinander. Dabei kann es sich um eine gleichzeitige Verteilung handeln, wo die Verteilung gesetzmäßig, der Platz des Einzelobjekts in der Verteilung aber zufällig ist, oder um die Bewegung oder Veränderung eines Einzelobjekts, dessen Verhalten in bezug auf alle Parameter zufällig ist. Es ist nicht eindeutig bestimmbar, sein Verhalten hängt aber notwendig von der Wahrscheinlichkeitsverteilung ab, da es nur eine der Möglichkeiten verwirklichen kann. Andere Teilchen verwirklichen andere Möglichkeiten. So ergibt sich bei dem in der Zeit ablaufenden Prozeß wieder eine Verteilung, die durch das Gesetz angegeben wird. Sie ist um so besser verwirklicht, je mehr Elemente (Teilchen) an der Verteilung beteiligt sind. Charakterisiert man das Auftreffen von Teilchen auf einem Leuchtschirm, dann kann man entweder hervorheben, daß ein Teilchen sich mit bestimmter Wahrscheinlichkeit an den Orten X_1, X_2, X_3 ... befinden wird, oder man betrachtet die Wahrscheinlichkeit für das Auftreffen eines Teilchens am Ort X_1. Man kann dabei vom Teilchen oder vom Ort ausgehen, stets ergibt sich eine Verbindung von Anfangs- und Endzustand durch Wahrscheinlichkeitsaussagen.

Das Neue an der Quantentheorie, das sie für den Determinismus mit sich brachte, besteht in dieser neuen Verbindung von Möglichkeit und Wirklichkeit. Hier kommt die Kompliziertheit des objektiven Zusammenhangs zum Ausdruck, der nicht in elementare Kausalzusammenhänge zerlegt werden kann, weil das der Existenz des objektiven Zufalls widersprechen würde. [210] Der zufällige Zerfall eines Uranatoms, das zufällige Auftreffen eines Teilchens auf einem Ort der Photoplatte sind zwar durch den objektiven Zusammenhang bedingt und bestimmt, aber diese Gesamtheit der Bedingungen ist nicht bis in die Einzelheiten auflösbar. Es ist jedoch die Konsequenz des mechanischen Determinismus, das zufällige Ereignis auf voraussagbare Kausalbeziehungen zu reduzieren. Diese Konsequenz wird auch in der Kritik Plancks an der Gültigkeit der Kausalgesetze deutlich. Er schreibt: „Ein physikalisches Gesetz ist ein jeder Satz, welcher einen festen, unverbrüchlich gültigen Zusammenhang zwischen meßbaren physikalischen Größen ausspricht, einen Zusammenhang, welcher es gestattet, eine dieser Größen zu berechnen, wenn die übrigen durch Messung bekannt sind.“[215] Das bedeutet die Einschränkung des Gesetzesbegriffs auf die klassische Form. Der Zusammenhang soll fest und unverbrüchlich, d. h. allgemein-notwendig sein. Diese Voraussetzung entfällt jedoch auf Grund der Unbestimmtheitsrelationen. Da die übrigen Größen durch Messung nicht völlig exakt bestimmt werden können, kann auch die zu berechnende Größe nicht exakt bestimmt werden. Planck sagt dann zur Gültigkeit der Kausalität als Grundlage des Gesetzes: „Es wäre durchaus denkbar, und wir könnten nicht das mindeste dagegen machen, wenn die Natur uns eines schönen Tages durch den Eintritt eines völlig unerwarteten Ereignisses ein Schnippchen

[215] M. Planck, Physikalische Gesetzlichkeit im Lichte unserer Forschung. In: „Naturwissenschaft“, 14, 1926, Heft 13, S. 249.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

schlüge und wenn es uns trotz aller Anstrengungen niemals gelingen sollte, in den entstandenen Wirrwarr irgendeine gesetzliche Ordnung hineinzubringen. Dann bliebe der Wissenschaft nichts anderes übrig, als ihren Bankrott zu erklären. Aus diesem Grund ist sie genötigt, die Existenz einer allgemeinen Naturgesetzlichkeit als Vorbedingung, als Postulat an die Spitze ihrer ganzen Entwicklung zu stellen oder, um mit Immanuel Kant zu reden, den Kausalbegriff mit zu den von vornherein gegebenen Kategorien zu rechnen, ohne die Erkenntnis überhaupt nicht gewonnen werden kann.“[216] Hier ist es schon von großer Bedeutung, zu erfahren, was Kausalität ist. Wir sind in der Lage, auch mit Hilfe statistischer Gesetze eine gesetzliche Ordnung in das Verhalten der Quantenobjekte hineinzubringen. Dazu bedürfen wir durchaus nicht der klassischen Kausalität, sondern nur der Existenz des objektiven Zusammenhangs und der konkreten Verwirklichung des Zusammenhangs durch materielle Prozesse. Das Gesetz gibt keine eindeutige Verbindung zwischen Anfangs- und Endzustand, aber es verbindet eindeutig die Wahrscheinlichkeiten [211] des Verhaltens miteinander. Deshalb erkennen auch die dialektischen Materialisten die Existenz von allgemein-notwendigen und wesentlichen Zusammenhängen an, also von Gesetzen, doch sie heben im dialektischen Determinismus auch die Rolle statistischer Gesetze hervor.

Die Gesetzeserkenntnis ist kompliziert. In der klassischen Mechanik war sie mit der mathematischen Formulierung einer eindeutigen Abhängigkeit des Endzustandes vom Anfangszustand abgeschlossen. Dabei fielen schon die Gesetze der Thermodynamik und der Elektrodynamik aus diesem Rahmen heraus. Das Feld als materielle Realität unterliegt Gesetzen, die nicht denen der klassischen Punktmechanik gleichen. Aber auch hier hatte man die Illusion, alles auf Partikelbewegung zurückführen zu können, die Wärme auf die von Molekülen, die Elektrizität auf die von elektrischen Teilchen, Licht und Schall auf die von Ätherteilchen. Wer diese Konsequenz nicht anerkannte, mußte die Existenz zweier Wesenheiten von Korpuskeln und Wellen als gegeben und durch verschiedene Theorien beschreibbar annehmen. Die Schwierigkeit, die mit der Entdeckung von Wellen- und Korpuskeleigenschaften an einheitlichen physikalischen Objekten in unserem Jahrhundert entstand, brachte mit der Existenz einer neuen Statistik Probleme für die Gesetzesfindung mit sich. Auch in der Entwicklung der Quantentheorie gab es nicht sofort eine geschlossene Theorie mit mathematisch formulierten Gesetzen. Die Bohrschen Auswahlregeln reduzierten die klassischen möglichen Umlaufbahnen des Elektrons auf die wirklich vorhandenen. Wir hatten also eine klassische Theorie mit Quantenauswahlregeln, was jedoch theoretisch befriedigend war. Erst Wellen- und Matrizenmechanik beseitigten diesen Zustand. Man sollte deshalb auch mit der Forderung nach der sofortigen mathematischen Formulierung eines Gesetzes vorsichtig sein. Gesetze werden oft zuerst qualitativ mit bestimmten quantitativen Abschätzungen formuliert. Erst ihre Eingliederung in eine mathematisch formulierbare Theorie gestattet auch ihre mathematisch exakte Formulierung als Schlußfolgerung aus der Theorie. Nun ist nicht jede Theorie sofort mathematisch formulierbar. Dafür müssen erst Bedingungen geschaffen werden. Auch nicht jedes gefundene Gesetz ist sofort Bestandteil einer Theorie. Wir wollen hier nur auf eine Seite des Erkenntnisprozesses aufmerksam machen, die von der klassischen Auffassung vom Gesetz ebenfalls nicht gesehen wurde. Klassisch war das exakte Gesetz ein mathematisch formulierter eindeutiger Zusammenhang zwischen verschiedenen exakt angebbaren Parametern. Alle anderen Gesetze waren nicht exakt. Die Kompliziertheit des objektiven Zusammenhangs weist einerseits die Eindeutigkeit zwischen Anfangs- und Endzustand eines Prozesses zurück und zeigt die Schwierigkeiten, die einer mathematischen Formulierung im Wege stehen können.

[212] Planck untersucht nun das Verhältnis von dynamischen und statistischen Gesetzen. Er betrachtet die Annahme, daß es in der Natur nur statistische Gesetze gäbe, als eine logisch mögliche Hypothese und schreibt dann, daß sich diese Annahme aber nicht für die Forschung

[216] Ebenda.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

empfiehlt: „Wenn man die statistische Gesetzmäßigkeit als die letzte, tiefste annimmt, so liegt prinzipiell gar kein Grund vor, bei irgendeinem vorliegenden statistischen Gesetz nach den Ursachen der Schwankungserscheinungen zu fragen, während doch in Wirklichkeit gerade das Bestreben, hinter jeder statistischen Gesetzlichkeit eine dynamische, streng kausale zu suchen, uns die allerwichtigsten Fortschritte in der Erforschung der atomistischen Vorgänge gebracht hat.“[217]

In dieser Richtung wird des öfteren gegen die Existenz statistischer Gesetze argumentiert. Es wird die heuristische Bedeutung der Kausalforschung hervorgehoben. Untersuchen wir deshalb vom Standpunkt des dialektischen Determinismus aus diese Argumentation. Das ist wichtig, da die weitere Erforschung der physikalischen Objekte auch im Mittelpunkt des Interesses dialektischer Deterministen steht. Was bedeutet die Rückführung der statistischen auf streng kausale, dynamische Gesetze? Hier müssen wir zuerst wieder zwischen der klassischen und unserer Kausalitätsauffassung unterscheiden. Nach der klassischen Betrachtungsweise bedeutet das, die Gesamtheit der Bedingungen, die zum Zerfall eines bestimmten Uranatoms führten, so zu bestimmen, daß der Zerfall exakt mit Zeit-, Ortsangabe und anderen Parametern vorhergesagt werden kann. Die zufällig durch das einzelne Atom sich verwirklichende Möglichkeit soll als *eine* notwendig sich verwirklichende Möglichkeit in einem Gesetz gefaßt werden. Damit würde die Wissenschaft, wie schon Engels hervorhob, zur Spielerei. Sie würde Einzelprozesse zu beschreiben versuchen, was jedoch unmöglich ist. Bei dieser Konzeption müßte man alle Vorgänge im Universum kennen, damit man das Verhalten eines einzelnen Atoms vollständig bestimmen kann. Das ist jedoch eine unsinnige Forderung. Bedeutet das nun, daß wir die heuristische Bedeutung der Kausalforschung leugnen? Keinesfalls. Das statistische Gesetz gibt für das Verhalten eines Objekts eine Reihe von Möglichkeiten M_1, M_2, M_3 ... M_n. Welche dieser Möglichkeiten verwirklicht wird, ist zufällig. Notwendig ist die Verwirklichung einer dieser Möglichkeiten. Die klassische Forderung besteht in der Auflösung des Komplexes der Möglichkeiten in einzelne gesetzmäßige Relationen, wo M_1 notwendig zur Wirklichkeit W_1 usw. führt? Damit würde das statistische Gesetz auf dynamische reduziert. Aber dieses Verfahren wurde auch in der klassischen Physik schon nicht mehr angewandt. Der freie Fall eines Körpers führt zu unwesentlichen [213] Schwankungen um das Fallgesetz. Wesentliche Abweichungen werden in anderen Gesetzen, z. B. im Stokesschen Satz, erfaßt. Aber die unwesentlichen Abweichungen, die davon herrühren, daß beim freien Fall kein absolutes Vakuum existiert, werden nicht durch Gesetze einzeln erfaßt. Das ist auch dort schon unwesentlich und auch nicht möglich. Grund für letzteres ist der objektive Zusammenhang, also der Komplex vorliegender Kausalbeziehungen. Betrachten wir nun ein zerfallenes Atom, so ist der Komplex von Kausalbeziehungen ebenfalls vorhanden. Seine Auflösung in gesetzmäßige Elementarreaktionen ist jedoch ebenso unmöglich wie in der klassischen Physik. Das Vordringen erfolgt in zwei Richtungen. Man muß einerseits die Wechselbeziehungen zerfallender Atome weiter erforschen, um die Gesetze für den Zusammenhang der Atome untereinander oder mit anderen Erscheinungen besser zu erfassen; andererseits muß man die Struktur der Atome, des Atomkerns, die Elementarprozesse im Kern und im Atom weiter erforschen, um die Gesetze dieses Verhaltens zu erkennen. Die Forderung besteht dabei nicht darin, das statistische Gesetz in einen Komplex dynamischer Gesetze aufzulösen, sondern die Gesetze der Wechselwirkung statistisch sich verhaltender Objekte weiter zu erforschen und die Gesetze ihrer strukturellen Prozesse aufzudecken. Dabei werden im Bereich des durch die Quantenmechanik untersuchten Verhaltens die statistischen Gesetze weitergehen. Auch die neuen Gesetze werden in gewisser Weise statistischen Charakter haben. Aber das ist eine Frage, die nur durch die weitere Entwicklung der Physik beantwortet werden kann. Wir sehen, daß der dialektische Determinismus heuristische Hinweise für die weitere Forschung geben kann, ohne die Rückführung statistischer auf dynamische Gesetze zu verlangen.

[217] Ebenda, S. 255.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Der dialektische Determinismus ist die Anerkennung des objektiven Zusammenhangs und seiner konkreten Vermittlung durch materielle Prozesse. Diese konkreten Vermittlungen sind Kausalbeziehungen. Sie bilden auf jeder qualitativ verschiedenen Ebene des objektiven Zusammenhangs, sei es im biologischen, chemischen, physikalischen Bereich, sei es innerhalb der Physik im Bereich der klassischen Körper, der Atome, der Elementarteilchen usw., bestimmte Komplexe von Beziehungen als Grundlage von relativ isolierten Systemen. Für diese Systeme existieren Formen des Zusammenhangs, wie die Durchsetzung der Notwendigkeit im Zufall, die Verwirklichung von Möglichkeiten, die Formung des Inhalts, die Durchsetzung der Symmetrie in der Asymmetrie usw. Alle diese Formen des Zusammenhangs liefern ihren Beitrag zur Determination der Objekte und Prozesse. Wesentlich dabei sind die Gesetze als objektiv existierende allgemein-notwendige und wesentliche Zusammenhänge, die vom Menschen erkannt und für sein Handeln ausgenutzt werden. Dabei gibt es verschiedene Typen von Gesetzen, wie dynamische [214] und statistische Gesetze, Struktur- und Bewegungsgesetze, Erhaltungssätze usw., die in ihrem inneren Zusammenhang noch untersucht werden müssen. Gerade auf die Frage nach den Erhaltungssätzen und ihrer Durchbrechung sowie ihrem Zusammenhang mit Systemgesetzen kommen wir noch einmal zurück. Wir wollen hier nur andeuten, wie die rationellen Argumente der Kopenhagener Deutung, die wir in der Existenz des objektiven Zufalls, in der Bedeutung statistischer Gesetze und im Kampf gegen den mechanischen Determinismus sahen, in den dialektischen Determinismus eingehen. Dabei sollte zugleich auf die Unzulänglichkeit der Argumente mechanischer Deterministen verwiesen werden, die eine Reduktion statistischer auf dynamische Gesetze verlangen. Der Aufgabenbereich für den dialektischen Determinismus ist umfangreich. Vor allem gilt es, die Formen des Zusammenhangs zu untersuchen, die verschiedenen Typen von Gesetzen auszuarbeiten und ihre Beziehungen untereinander zu bestimmen.

c) Freiheit, Gesetz und menschliches Verhalten

Es gab viele Stimmen, nach denen im Zusammenhang mit der Kopenhagener Deutung der Quantentheorie auch eine Möglichkeit für die Begründung der menschlichen Freiheit gegeben sei. Nach der strengen Determiniertheit der klassischen Physik wurde der Mensch zum automatischen Verwirklicher vorherbestimmter Zusammenhänge. Bei der philosophischen Deutung der Quantentheorie wurde deshalb auf eine diesen Determinismus widersprechende Seite aufmerksam gemacht: Der Mensch sei selbst Akteur im Schauspiel des Lebens. Er sei selbst Ursache für viele Wirkungen. Die vorhergehende Alternative war nur: Entweder sei der Mensch Bestandteil der Natur und sein Verhalten vorherbestimmt, oder er stehe als Beobachter außerhalb der Natur und sei dann selbst nicht determiniert, könne aber auch nicht in das Naturgeschehen eingreifen, sondern müsse sich dazu irgendwie verhalten. Die Freiheit im letzteren Fall bestand dann in der Freiheit der Entscheidung, sich so oder anders zum Naturgeschehen zu verhalten.

Die marxistische Philosophie verneint diese Alternative, weil sie nicht dem wirklichen Verhalten des Menschen entspricht. Sie untersuchte das Wechselverhältnis von Gesetz und Freiheit, zeigte die Rolle der gesellschaftlichen Praxis und betrachtete das Verhältnis von Spontaneität und Bewußtheit als wesentlich für die Verwirklichung der Freiheit. Vor allem sieht sie die Verwirklichung der Freiheit des Menschen als einen historischen Kampf um die Befreiung von der Naturnotwendigkeit durch die Unterordnung der Natur unter den Menschen an und als Kampf um die gesellschaftliche Befreiung [215] durch den Aufbau des Sozialismus.[218] Wir wollen uns hier auf eine Bemerkung zur Einordnung des Freiheitsproblems in den dialektischen Determinismus beschränken. Bereits in seinen Feuerbachthesen hatte Marx wesentliche

[218] Wir können uns hier nicht mit der marxistischen Freiheitskonzeption befassen und verweisen deshalb auf die einschlägige Literatur, vor allem auf die Werke von Marx, Engels und Lenin. Auch neuere Arbeiten sind dazu vorhanden, z. B. R. Garaudy, Die Freiheit als philosophische und historische Kategorie, Berlin 1959.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Gedanken zum marxistischen Menschenbild und zur Rolle der Praxis für die Erkenntnis und Veränderung der Wirklichkeit geäußert. Er kritisierte am bisherigen Materialismus, daß die Wirklichkeit nicht subjektiv, als menschliche Tätigkeit gefaßt wurde, sondern nur unter der Form des Objekts gesehen würde.[219] Die menschliche Tätigkeit muß nach Marx als gegenständliche Tätigkeit aufgefaßt werden. In der Praxis beweise der Mensch die Wirklichkeit und Macht seines Denkens. Marx löst sich vom anschauenden, den Menschen als abstraktes Wesen betrachtenden Materialismus. Solche Gedanken werden auch von Heisenberg geäußert. Aber er beruft sich nicht auf den dialektischen Materialismus, dessen Kritik am mechanischen Materialismus er offensichtlich nicht kennt. Außerdem meint er eine neue Situation zu charakterisieren. Er hat damit insofern recht, als unter Physikern mechanisch-materialistische Gedankengänge trotz dialektisch-materialistischer Kritik lange weiterherrschten.

Nehmen wir nun die Marxschen Gedanken und vergleichen sie mit folgenden Worten Heisenbergs: „Wenn von einem Naturbild der exakten Naturwissenschaft in unserer Zeit gesprochen werden kann, so handelt es sich also eigentlich nicht mehr um ein Bild der Natur, sondern um ein Bild unserer Beziehungen zur Natur. Die alte Einteilung der Welt in einen objektiven Ablauf in Raum und Zeit auf der einen Seite und die Seele, in der sich dieser Ablauf spiegelt, auf der anderen, also die Descartes'sche Unterscheidung von res cogitans und res extensa, eignet sich nicht mehr als Ausgangspunkt zum Verständnis der modernen Naturwissenschaft. Im Blickfeld dieser Wissenschaft steht vielmehr vor allein das Netz der Beziehungen zwischen Mensch und Natur, der Zusammenhänge, durch die wir als körperliche Lebewesen abhängige Teile der Natur sind und sie gleichzeitig als Menschen zum Gegenstand unseres Denkens und Handelns machen. Die Naturwissenschaft steht nicht mehr als Beschauer vor der Natur, sondern erkennt sich selbst als Teil dieses Wechselspiels zwischen Mensch und Natur. Die wissenschaftliche Methode des Aussonderns, Erklärens und Ordnens [216] wird sich der Grenzen bewußt, die ihr dadurch gesetzt sind, daß der Zugriff der Methode ihren Gegenstand verändert und umgestaltet, daß sich die Methode also nicht mehr vom Gegenstand distanzieren kann. Das naturwissenschaftliche Weltbild hört damit auf, ein eigentlich naturwissenschaftliches zu sein."[220]

Man könnte eine Reihe anderer Stellen aus Heisenbergs Werken zur Ergänzung zitieren. Immer wieder wird der Gedanke ausgedrückt, daß es um das Verhältnis des Menschen zur Natur gehe. Wir selbst seien Teil der Natur, unterliegen mit unserem Handeln den Naturgesetzen. Wir erheben uns über die Naturzusammenhänge, weil wir die Natur erkennen und bewußt verändern können. Hier tritt ein in der Natur nicht vorhandenes Element auf, das uns der Lösung des Freiheitsproblems näherbringt: Spontaneität oder Bewußtheit. Der Mensch kann die Macht der Naturgesetze nicht brechen. Aber er kann sich ihr unterordnen und spontan dem Wirken der Naturgesetze ausgesetzt sein, oder er kann sie sich bewußt unterordnen, in seinem Handeln ausnutzen. Der Mensch ist durch seine Handlungen selbst ein Determinismusfaktor für ihr Ergebnis. Es geht nicht mehr um die Alternative Freiheit *oder* Determination, sondern um die Freiheit *in* der Determination. Was wir als wesentliches Ergebnis unserer Betrachtung statistischer Gesetze erhielten, die Unauflösbarkeit des Zufalls in isolierte Kausalbeziehungen, ist auch für die Handlungen des Menschen wesentlich. Heisenberg hebt zu Recht die Wechselbeziehungen zwischen Mensch und Natur hervor. Diese Wechselbeziehungen haben wesentliche und unwesentliche Seiten. Aber nicht jedes Verhalten ist völlig in Ursache-Wirkungs-Relationen auflösbar. Für jedes Verhalten kann man wesentliche Ursachen finden, aber nicht alle. Das reicht aber aus, um uns gegen die Vorherbestimmtheit zu wehren und andererseits unser Handeln nach den Gesetzen einrichten zu können, um nicht völliger Willkür zu verfallen.

---

[219] Vgl. K. Marx, Thesen über Feuerbach. In: K. Marx/F. Engels, Werke, Bd. 3, Berlin 1958, S. 533.
[220] W. Heisenberg, Das Naturbild der heutigen Physik, S. 21.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Das Problem der menschlichen Freiheit kann jedoch nicht allein aus der Beziehung Natur und Mensch heraus untersucht werden. Die Möglichkeiten für das Verhalten des Menschen sind stets von den Möglichkeiten der Gesellschaft abhängig, sie geben einen Rahmen für das Verhalten des einzelnen Menschen. Der Mensch verhält sich aktiv zu diesen Möglichkeiten. Er paßt sich nicht einfach an, sondern verwirklicht sie erst durch seine Tätigkeit. Deshalb kann man Freiheit auch nicht allein als Einsicht in die Notwendigkeit betrachten, will man den Gedanken gerecht werden, die Marx schon in den Feuerbachthesen zur aktiven Haltung des Subjekts ausdrückte und die die [217] Physiker durch die Analyse des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses fanden. Zweifellos ist Freiheit keine Willkür. Freies Handeln setzt wirkliche Erkenntnis der objektiven Gesetze voraus. Der Mensch braucht Einsicht in die Naturgesetze und in die Gesetze seines eigenen Handelns. Aber ein Gesetz bestimmt nicht ein zufälliges Ereignis, sondern nur wesentliche Seiten desselben. Auch die gesellschaftlichen Gesetze zeigen nur Tendenzen des gesellschaftlichen Verhaltens von Klassen, Schichten, Gruppen. Die Geschichte verläuft nach Engels so, „daß das Endresultat stets aus den Konflikten vieler Einzelwillen hervorgeht, wovon jeder wieder durch eine Menge besonderer Lebensbedingungen zu dem gemacht wird, was er ist; es sind also unzählige einander durchkreuzende Kräfte, eine unendliche Gruppe von Kräfteparallelogrammen, daraus eine Resultante – das geschichtliche Ergebnis – hervorgeht, die selbst wieder als das Produkt einer, als Ganzes bewußtlos und willenlos wirkenden Macht angesehen werden kann. Denn was jeder einzelne will, wird von jedem anderen verhindert, und was herauskommt, ist etwas, das keiner gewollt hat. So verläuft die bisherige Geschichte nach Art eines Naturprozesses und ist auch wesentlich denselben Bewegungsgesetzen unterworfen.“[221] Hier verweist Engels auf jene Gesellschaftsordnungen, in denen der Mensch auf Grund der gesellschaftlichen Verhältnisse nicht in der Lage ist, nach einem Gesamtplan, mit Hilfe des Gesamtwillens ein Gesamtziel zu erreichen. Menschliche Freiheit werde auf persönliche Entscheidungs- und Willensfreiheit reduziert und der Kampf um demokratische Freiheiten geführt. Wirkliche Freiheit von der von Engels charakterisierten spontanen Verwirklichung gesellschaftlicher Gesetze erfordert die Abschaffung der Ausbeutung des Menschen durch den Menschen auf der Grundlage gesellschaftlichen Eigentums an Produktionsmitteln. Zur Verwirklichung der Freiheit müssen also neben umfassender Kenntnis auch die entsprechenden gesellschaftlichen Bedingungen gegeben sein. Diese beiden Voraussetzungen geben dem Menschen die Möglichkeit zur aktiven Verwirklichung seiner Freiheit. Der Mensch schafft die konkrete gesellschaftliche Wirklichkeit im Rahmen der gesellschaftlichen Gesetze. In der Gesamtheit spontanen oder bewußten menschlichen Verhaltens zeigt sich eine Gesamttendenz. Verwirklicht der einzelne Mensch zufällig bestimmte Möglichkeiten, so stellt der gesellschaftliche Gesamtprozeß eine notwendige Verwirklichung einer der gesetzmäßig verbundenen Möglichkeiten dar, die der gesellschaftliche Gesamtprozeß in einer bestimmten Etappe seiner Entwicklung bietet. Freiheit ist also kein persönliches, individuelles, sondern ein gesellschaftliches Problem, denn der Mensch ist nur frei in dem Rahmen, den ihm die gesellschaftliche [218] Entwicklung bietet. Wie weit er seine Freiheit innerhalb dieses Rahmens verwirklicht, hängt von ihm selbst ab. Er kann sich auch an der Erweiterung gesellschaftlicher Freiheiten beteiligen.

Das Determinations- und Freiheitsproblem erweist sich damit als vielschichtig. Der Mensch muß, um seine Freiheit verwirklichen zu können, entsprechend den gegebenen Bedingungen die seinen und den gesellschaftlichen Interessen angemessene Möglichkeit verwirklichen. Dabei ist diese Handlung nicht vorherbestimmt. Der Rahmen, den objektive Gesetze und Bedingungen ihm stecken, läßt großen Spielraum für aktive Tätigkeit, für Entscheidungs- und Willensfreiheit. Durch aktiven Kampf verwirklicht der Mensch erst selbst das, was später als notwendiges Ergebnis des Geschichtsprozesses erscheint.

[221] K. Marx/F. Engels, Ausgewählte Briefe, Berlin 1953, S. 502 f. [MEW 37, S. 464]

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Wir wollten dieses Problem nur andeuten, um zu zeigen, daß der dialektische Determinismus auch eine echte Lösung des Freiheitsproblems anbietet. Heisenberg ging es vor allem um die Einbeziehung des Menschen in die Determination von Ereignissen und um den Kampf gegen den mechanischen Determinismus. Einerseits ist menschliches Verhalten durch objektive Gesetze und Bedingungen bestimmt. Die Bestimmtheit menschlichen Verhaltens, im Gesamtzusammenhang gesehen, erfordert die Einbeziehung des Menschen selbst als determinierenden Faktor. Er verändert und schafft neue Bedingungen für das Wirken neuer Gesetze. Er kann verschiedene Möglichkeiten verwirklichen. Wird das alles auf der Grundlage von Kenntnissen über Gesetze und Bedingungen des Geschichtsablaufs und der Natur vollzogen, dann unterordnet der Mensch sich in diesem Prozeß Natur und Gesellschaft und wird frei.

Wir haben in diesem Kapitel einige wesentliche Gedanken Heisenbergs, der Kopenhagener Schule und ihrer Gegner der Analyse unterworfen und mögliche Auswege aus scheinbar ausweglosen Situationen diskutiert. Dialektischen Determinismus faßten wir als die Bedingtheit und Bestimmtheit der Dinge und Erscheinungen im Gesamtzusammenhang. Da der Gesamtzusammenhang unendlich kompliziert ist, orientiert sich die Wissenschaft auf die Erkenntnis der Gesetze, die nicht auf ihre klassische Form reduziert werden dürfen. Es gibt verschiedene Typen von Gesetzen auf der Grundlage von konkreten Vermittlungen des objektiven Zusammenhangs durch materielle Prozesse (Kausalbeziehungen). Wesentlich sind solche Formen des Zusammenhangs wie die Durchsetzung der Notwendigkeit im Zufall, die Verwirklichung von Möglichkeiten, solche wie die ein System konstituierenden Beziehungen von Elementen, wie die Symmetrie in der Asymmetrie usw. Diese Beziehungen liefern uns Einsichten in die Kompliziertheit des objektiven Zusammenhangs, der die Ereignisse determiniert. Es existieren objektive [219] Zufälle, und der Mensch kann in der dialektisch determinierten Welt frei handeln, da er nicht nur determiniert ist, sondern selbst einen Determinationsfaktor darstellt. Damit möchten wir auch die Titelfrage dieses Kapitels so beantworten: Indeterminismus der Kopenhagener Deutung war wesentlich Ablehnung des mechanischen Determinismus. Dem stimmen wir zu. Aber die negative Haltung reicht nicht aus. Um den philosophischen Konsequenzen einer indeterministischen Haltung, die in der Leugnung objektiver Gesetze bestehen könnte, auszuweichen, haben wir die rationellen Elemente des „Indeterminismus“ der Kopenhagener Deutung, nämlich die Anerkennung des objektiven Zufalls und der Rolle statistischer Gesetze, im dialektischen Determinismus theoretisch verarbeitet und auch gezeigt, daß die diskutierte Freiheitsproblematik im dialektischen Determinismus lösbar ist. Wir stehen also auf dem Standpunkt des dialektischen Determinismus in Auseinandersetzung mit indeterministischen und klassisch-deterministischen Richtungen in der Philosophie. Dieser Standpunkt wird unseres Erachtens auch dem echten wissenschaftlichen Anliegen Heisenbergs nach Lösung der mit der Quantenmechanik aufgetauchten philosophischen Probleme gerecht. [220]

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

IV. EINHEIT DER WELT UND ELEMENTARTEILCHENTHEORIE

Wir möchten in diesem Kapitel an die früheren Bemerkungen zu Heisenbergs Auffassung von der Einheit der Welt anknüpfen und die mit der Aufstellung einer einheitlichen Theorie der Elementarteilchen verbundenen Probleme, die wir vorher schon andeuteten, näher betrachten. Um die Heisenbergsche physikalische Konzeption zu einer einheitlichen Theorie in ihrer Beziehung zur allgemeinen Annahme von der Einheit der Welt zu verstehen und ihren Platz in der Entwicklung einer einheitlichen Weltauffassung zu bestimmen, werden wir uns zuerst mit den Grundgedanken einer einheitlichen Naturtheorie befassen. Man kann Heisenbergs Glauben an die Existenz einer Urmaterie nur verstehen, wenn man sowohl die Ergebnisse der Physik als auch die Evolution des philosophischen Gedankens von der materiellen Einheit der Welt berücksichtigt.

Nach den Ausführungen zu diesen beiden Aspekten zur Einheit der Welt in historischer Sicht und zu Heisenbergs physikalischer Konzeption und ihren philosophischen Konsequenzen werden wir uns noch zwei wesentlichen Problemen zuwenden. Das Verhältnis von Elementarität und Struktur sowie die Beziehung zwischen Symmetrie und Erhaltung haben durch die Erforschung der Elementarteilchenprozesse, nicht zuletzt auch durch Heisenbergs Ideen, neue interessante Deutungsmöglichkeiten erhalten, die Einfluß auf die philosophische Analyse dieser Beziehungen haben.

1. Grundgedanken einer einheitlichen Naturtheorie

a) Materielle Einheit der Welt in historischer Sicht

Die Frage nach dem Ursprung der Welt ist eine der ältesten und wichtigsten Fragen der Philosophie. Die Materialisten versuchten die Welt auf natürliche Weise zu erklären, indem sie einen oder mehrere Urstoffe annahmen, aus dem oder aus denen alles entsteht und in den bzw. in die alles vergeht. So finden sich in den Upanishaden, den Zeugnissen altindischer Philosophie, Hinweise auf Lehren, die eines der Elemente, Wasser, Feuer, Luft, Licht, Raum oder Zeit für den Urgrund der Welt halten.[222] Es ist vielleicht für heutige Forschungen bemerkenswert, nicht nur Wasser, Feuer usw. als Urelemente zu finden, sondern auch Raum und Zeit. Wenn davon gesprochen wird, daß alles aus dem Raum hervorgehe und in den Raum zurückkehre, so wird damit der unerforschte Kosmos, die unendliche Weite des [221] Alls gemeint sein. Sicher wäre es interessant, zu verfolgen, wie die Rückführbarkeit allen Seins auf den Raum und die Zeit in der Entwicklung des menschlichen Denkens verstanden wurde. Die Atomhypothesen der Griechen finden ihre moderne Fortsetzung in der Elementarteilchenphysik, die Annahme des Raumes als Urelement bei den Indern vielleicht in der Geometrodynamik oder Quantengeometrodynamik. Die weitere Entwicklung der Philosophie in Indien brachte atomistische Ideen hervor. Auch in China finden wir die mit der Entwicklung von Naturerkenntnissen verbundene Lehre von den Urelementen. Metall, Holz, Wasser, Feuer und Erde werden zu Beginn des 1. Jahrtausends v. u. Z. von materialistischen Naturphilosophen als Ursprung allen Seins betrachtet.[223]

Die ionischen Naturphilosophen Thales, Anaximander und Anaximenes versuchten die Welt aus dem Wasser, aus einem Urstoff, genannt apeiron, oder aus der Luft zu erklären. Wirksam wurden in späteren Zeiten die Ideen der Atomisten Demokrit, Leukipp und Epikur. Der griechische Atomismus, die griechische Philosophie, brachten Heisenberg dazu, Vergleiche zwischen moderner Physik und griechischer Philosophie anzustellen, wobei ihn die Altertum und Gegenwart verbindende Problemstellung interessierte, den Ursprung der Welt zu erforschen. Ob Urelemente angenommen, ob die Atome oder die Elemente als Grundbausteine der Welt

[222] Vgl. Geschichte der Philosophie, Bd. 1, Berlin 1959, S. 37 ff.
[223] Vgl. ebenda, S. 53.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

betrachtet wurden, die Materialisten vereinen sich in dem Gedanken an den materiellen Ursprung der Welt. Sicher muß man diese materialistische Auffassung vom Ursprung der Welt bei ihren früheren Vertretern von irrationalen, mystischen und idealistischen Elementen befreien. Bei den Griechen wirkten Götter, und Kräfte hatten ideellen Ursprung. Die Annahme von der materiellen Einheit der Welt, von der Existenz von Urstoffen war zuerst eine geniale materialistische Hypothese, die ihre gedankliche Fortsetzung auch bei späteren Denkern fand, beispielsweise in Spinozas Pantheismus, für den die Natur causa sui, Ursache ihrer selbst war. In der Verarbeitung des positiven Gedankenguts der vormarxistischen Philosophie fand dann die Auffassung von der materiellen Einheit der Welt als Grundthese im dialektischen Materialismus ihren Platz. Engels verteidigte sie in der Auseinandersetzung mit Dühring und betonte: „Die Einheit der Welt besteht nicht in ihrem Sein, obwohl ihr Sein eine Voraussetzung ihrer Einheit ist, da sie doch zuerst sein muß, ehe sie eins sein kann. Das Sein ist ja überhaupt eine offene Frage von der Grenze an, wo unser Gesichtskreis aufhört. Die wirkliche Einheit der Welt besteht in ihrer Materialität ...“.[224] Es ist der Grundgedanke von der [222] materialistischen Erklärung der Welt, den Engels hier ausspricht. Der objektive Zusammenhang der Dinge, Prozesse und Beziehungen wird an keiner Stelle durchbrochen. Jeder Bereich materieller Prozesse ist durch materielle Beziehungen mit anderen Bereichen verbunden. Die letzte Formulierung stellt schon das Ergebnis verallgemeinerter moderner naturwissenschaftlicher Erkenntnis dar. Um das zu verstehen, wollen wir eine zweite Entwicklungslinie des Gedankens von der materiellen Einheit der Welt andeuten, die stets in enger Verbindung mit dem philosophischen Denken stand.

Die bei den Indern, Chinesen, Griechen usw. auftretende Idee vom materiellen Ursprung der Welt war zwar mit der Sammlung naturwissenschaftlicher Kenntnisse verbunden, aber selbst nicht durch eine naturwissenschaftliche Theorie fundiert. Sie war ein Gemisch aus einzelnen Naturerkenntnissen und spekulativen Überlegungen. Ihren Wert gewann sie durch die erkenntnisfördernden Hinweise, die sich aus ihr für die weitere Forschung ableiten ließen. Sie zwang dazu, die Grundelemente zu suchen, aus denen die Stoffe bestehen, die Bewegung der letzten Bausteine zu erfassen, aus denen die Welt aufgebaut sein sollte. Die geniale Hypothese von der materiellen Einheit der Welt förderte also in jeder Weise das naturwissenschaftliche Forschen. Große Bedeutung hatte die klassische Physik als naturwissenschaftliches Modell für die Belegung der These von der materiellen Einheit der Welt. Die Massenpunktmechanik erfaßte exakt die Ortsveränderung von Körpern mit großer Masse, die in der Theorie durch einen Massenpunkt repräsentiert wurden. Waren die Atome letzte Grundbausteine der Materie, dann war die klassische Mechanik Bewegungstheorie dieser Atome. Die Entwicklung der Mechanik im 17. und 18. Jh. war vor allem mit den Erfordernissen der Produktion, der Einführung von Maschinen, der Ausnutzung natürlicher Energiequellen usw. verbunden. Zugleich mußte die einfache Ortsveränderung unveränderlicher Körper, ihr Zusammenwirken in der Maschine usw. untersucht werden, ehe die Untersuchung komplizierter Bewegungsformen Aussicht auf Erfolg hatte. Man befaßte sich mit Elektrizität und Magnetismus, mit Chemie und Biologie. Der menschliche Körper und seine einzelnen Organe wurden erforscht. Hauptmethode der Erkenntnis war das Experiment, die Analyse komplizierter Erscheinungen, das Sammeln von Tatsachen. Vorwiegend die mechanischen Eigenschaften aller Erscheinungen wurden gesucht. Im 18. Jh., besonders durch Newtons Ideen beeinflußt, glaubte man ein im wesentlichen einheitliches Weltbild geschaffen zu haben. Dieses wirkte bis ins 19. Jh. Nach diesem Weltbild bestand die Einheit der Welt in der mechanischen Bewegung kleinster Teilchen, durch deren quantitative Beziehungen die qualitative Vielfalt der Welt erklärt werden sollte.

[224] F. Engels, Herrn Eugen Dührings Umwälzung der Wissenschaft. In: K. Marx/ F. Engels, Werke, Band 20, Berlin 1962, S. 41.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

[223] Dieses vereinfachte Weltbild erhielt durch die Entwicklung der Wissenschaft, speziell der Physik, in unserem Jahrhundert den Todesstoß. Schon Engels hatte im vergangenen Jahrhundert die Rückführung aller qualitativen Unterschiede auf die quantitativen Beziehungen qualitativ gleichartiger Teilchen als vereinfacht bezeichnet. Lenin betonte die Unerschöpflichkeit des Elektrons, als es schien, als ob mit den ersten Elementarteilchen auch die letzten Grundbausteine der Welt entdeckt seien. Damit wurde aber zugleich die Präzisierung der These von der materiellen Einheit der Welt gefordert. Der dialektische Materialismus bezeichnete sie durch zwei Momente, die sich für die zukünftige Forschung als wesentlich erwiesen. Die materielle Einheit der Welt wurde als Einheit von qualitativ verschiedenen Materieformen und als Einheit von auf verschiedenen Entwicklungsstufen sich befindenden materiellen Erscheinungen gefaßt. Ihre Erklärung fand diese Feststellung durch die Beziehungen zwischen Quantität und Qualität und die dialektisch-materialistische Entwicklungstheorie.[225] Damit wurde vor allem die Kompliziertheit des objektiven Zusammenhangs deutlich, wie wir schon im vorhergehenden Kapitel sahen. Diese Auffassung von der Einheit der Welt ermöglicht die Annahme von der Existenz relativ isolierter Systeme von Elementen und Beziehungen in der objektiven Realität, die sich qualitativ von anderen unterscheiden und deren Widerspiegelung wir in verschiedenen wissenschaftlichen Theorien finden. So könnte man die Bewegung klassischer Körper mit großer Masse und kleiner Geschwindigkeit im Vergleich zur Lichtgeschwindigkeit als ein solches System bezeichnen, das in der Massenpunktmechanik theoretisch erfaßt ist. Die Elemente des Systems sind die klassischen Körper, die Beziehungen durch die klassischen Bewegungsgesetze. Die Struktur dieses Systems wird in der Mechanik ausgedrückt. In Wirklichkeit haben wir es immer mit einem Teilsystem, eben dem Aufeinanderwirken mehrerer klassischer Körper zu tun. Bei der Theorie dieses objektiv existierenden Systems klassischer Körper vernachlässigen wir die möglichen Formen der Wechselwirkung. – Starke und schwache Wechselwirkungen waren noch gar nicht bekannt, als die klassische Mechanik begründet wurde. – Wir berücksichtigen auch nicht die Struktur des durch einen Massenpunkt repräsentierten Körpers.

Die Untersuchung der Quantenphänomene und die Aufstellung der Quantenmechanik erweiterten unsere Kenntnisse über objektiv existierende Sy-[224]steme physikalischer Objekte. Die in der Quantenmechanik untersuchten Elemente sind die Elementarteilchen, die sich nach Art und Zahl nicht verändern. Ihre Beziehungen werden durch die Unbestimmtheitsrelationen, durch die Existenz stationärer Zustände usw. ausgedrückt. Die Struktur der Quantenobjekte haben wir in der Quantenmechanik erfaßt. Niels Bohr verwies bereits auf die Rolle der Abstraktion, wenn er betonte: „Streng genommen fordert der Begriff eines stationären Zustandes die Ausschaltung jeder äußeren Wechselwirkung mit nicht zu dem System gehörigen Individuen.“[226] Wir hatten deshalb schon von relativ isolierten Systemen gesprochen, weil die Annahme absolut isolierter Systeme die Durchbrechung des objektiven Zusammenhangs an dieser Stelle bedeuten würde. Jedes qualitativ durch das Wirken entsprechender Gesetze bestimmte System hat noch Beziehungen im System selbst. Bohr zeigt das mit folgendem Beispiel: Wenn wir das Atom als abgeschlossenes System betrachten, dann vernachlässigen wir die Strahlungsemission, die auch ohne äußere Beeinflussung der Lebensdauer der stationären Zustände ein Ende setzt.[227] Die stationären Zustände sind ein wesentlicher Bestandteil der Quantenmechanik. Sie ergeben sich aus der Schrödingergleichung ebenso wie aus der Matrizenmechanik. (Im Schrödingerbild ist der Zustand Ψ zeitabhängig und die Operatoren zeitunabhängig, im Heisenbergbild ist es um-

[225] Wir befassen uns hier nicht mit der materiellen Einheit der Welt, wie sie sich in der Entwicklung zeigt. Vgl. dazu: Quo vadis, Universum?, Berlin 1965. Uns interessiert die Bedeutung der These von der materiellen Einheit der Welt vor allem im Hinblick auf die Elementarbausteine der Materie und der Beitrag der Physik zur Lösung des Problems, ob elementarste Bausteine vorhanden sind oder nicht.

[226] N. Bohr, Atomtheorie und Naturbeschreibung, Berlin 1931, S. 52.

[227] Ebenda, S. 54.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

gekehrt.) Die Änderung des Zustands ist der Übergang von einem stationären Zustand in einen anderen, ausgedrückt im Sprung der Wahrscheinlichkeitsfunktion.

Die spezielle Relativitätstheorie befaßte sich mit einem anderen System objektiver Elemente und Beziehungen. Dort erwies sich die Ausbreitung materieller Wirkung mit höchstens der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum als wesentlich. Es zeigte sich, daß der objektive Zusammenhang, wenn man seine räumlichen und zeitlichen Aspekte betrachtet, nicht universell im Sinne gleichzeitiger Einwirkung aller Objekte auf alle ist. Einsteins Kritik der Gleichzeitigkeit fordert, den objektiven Zusammenhang auch in der Zeit zu sehen. Es gibt aber keinen Bereich materieller Prozesse, der nicht durch materielle Beziehungen mit anderen Bereichen verbunden wäre.

Die Existenz objektiv existierender, relativ isolierter Systeme, die sich durch qualitativ verschiedene Beziehungen ihrer Elemente unterscheiden, ist Bestandteil der These von der materiellen Einheit der Weit im dialektischen Materialismus. Damit ist jedoch noch nicht die Frage nach den elementaren Grundbausteinen der Materie, nach der Existenz einer Urmaterie beantwortet, wie sie Heisenberg postuliert. Darauf werden wir noch eingehen. Wir werden vor allem den hier sich schon andeutenden Gedanken weiterverfol-[225]gen müssen, daß die verschiedenen Systeme nicht unabhängig voneinander sind. Die Erkenntnis der materiellen Einheit der Welt geht nicht nur in die Breite, indem neue Objekte, wie die Elementarteilchen, oder neue Beziehungen, wie die Minkowski-Welt in der Speziellen Relativitätstheorie, aufgedeckt werden, sondern sie geht auch in die Tiefe. Sie muß den Zusammenhang dieser verschiedenen Systeme zum Gegenstand ihrer Forschung machen. Dabei ist der Zusammenhang zwischen klassischer und Quantenmechanik dadurch gegeben, daß die klassische Mechanik sich als Grenzfall der Quantenmechanik erweist, wenn das Wirkungsquantum *h* gleich Null gesetzt werden kann, ebenso wie sie Grenzfall der Relativitätstheorie für kleine Geschwindigkeiten gegenüber der Lichtgeschwindigkeit oder für die Annahme einer unendlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit ist. Dagegen ist der Zusammenhang zwischen Relativitäts- und Quantentheorie auch heute noch ein ungeklärtes Problem. Die von beiden Theorien untersuchten Beziehungen sind wesentlich für die Erklärung der Elementarteilchenprozesse, aber eine einheitliche Theorie existiert noch nicht.

Die zweite Ergänzung zur These von der materiellen Einheit der Welt, die der dialektische Materialismus gibt, ist die Auffassung von der unendlichen Kompliziertheit objektiver Zusammenhänge. Verbunden damit ist die Antwort auf die Frage nach der Existenz einer universellen Welttheorie, wie sie der dialektische Materialismus gibt. Hier gilt das Sprichwort: Aus Schaden wird man klug. War die Rückführbarkeit aller Erscheinungen auf mechanische Bewegung einst ein Fortschritt im naturwissenschaftlichen Forschen, da mit dieser Annahme alles auf „natürliche Weise“ erklärt werden konnte, so wurde sie zum Hemmnis für das Verständnis nichtmechanischer Phänomene außerhalb der Physik und später in der Physik selbst. Die Erfahrung mit einer vereinfachten einheitlichen Naturtheorie, die der Wissenschaftler machte, festigte immer mehr den im dialektischen Materialismus ausgedrückten Gedanken von der unendlichen Kompliziertheit des Naturgeschehens. Das ist die erkenntniskritische Auffassung, die keine Theorie über die Struktur der Materie als absolut geltend anerkennt. Unsere Erkenntnis hat Grenzen. Sie haben ihren Ursprung in der Begrenztheit der Erkenntnismittel, in der begrenzten Erkenntnisfähigkeit einzelner Menschen und einzelner Generationen. Von Klassenschranken der Erkenntnis wollen wir dabei absehen, da sie einmal verschwinden werden. Grenzen bieten uns Raum und Zeit. Wir erforschen nur einen kleinen Teil des Universums. Die These von der Unendlichkeit der Materie oder von der unendlichen Kompliziertheit materieller Formen, Strukturen, Beziehungen warnt uns davor, diese Grenzen nicht zu sehen und vorzeitig einer Theorie absolute Wahrheit zuzusprechen. [226] Diese These ist eine Aufforderung, die Grenzen der Erkenntnis zu sehen, aber auch eine Aufforderung, diese Grenzen ständig zu überschreiten. Interessant ist nicht das Bekannte, sondern das Unbekannte,

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Unerforschte. Dort verbergen sich neue Einsichten in die Struktur der Materie, die uns einen umfassenden Blick auch für das bereits Erkannte verschaffen. Neue, nicht vorhergesehene Ergebnisse von Experimenten eröffnen der Menschheit neue Perspektiven, wie es beispielsweise mit der Entdeckung der Radioaktivität, der Halbleiter, der Plaste, des Plasmas usw. der Fall war. Die marxistische Philosophie orientiert auf eine breite experimentelle und theoretische Forschung. So wie ein vielfältiges experimentelles Material erst neue Einsichten in allgemeine Zusammenhänge liefert, so kann erst eine umfassend betriebene Grundlagenforschung nicht vorhergesehene Forschungsrichtungen mit technischer Bedeutung aufdecken.

Auch die weitere Erforschung der physikalischen Objekte wird uns tiefere Einsichten in die materielle Einheit der Welt liefern. Aus der Existenz relativ isolierter Systeme ergibt sich die Möglichkeit, Theorien über diese Systeme zu bilden, die für die untersuchten Bedingungen gelten. Diese Theorien werden in umfassenderen Theorien aufgehoben oder durch danebengestellte Theorien ergänzt. Das Streben nach immer umfassenderen Theorien, nach einer einheitlichen Naturtheorie, wird stets erkenntnisfördernd wirken. Aus der unendlichen Kompliziertheit der objektiven Vorgänge möchten wir ableiten, daß dieses Streben endlos sein wird. Indem wir umfassende Theorien formulieren, dringen wir tiefer in das Wesen der materiellen Einheit der Welt ein, ohne sie je in all ihren Einzelheiten endgültig erfassen zu können. So befürworten wir das Streben nach einer einheitlichen Theorie, die der qualitativen Verschiedenheit physikalischer Prozesse Rechnung tragen muß, verweisen aber auch auf die Relativität unserer Kenntnisse, die uns eine einheitliche Theorie für ein zwar immer umfassenderes System, aber nicht für die gesamte unendlich komplizierte Wirklichkeit aufstellen läßt.

Heisenbergs Konzeption für eine einheitliche Theorie der Elementarteilchen drückt dieses Streben aus. Zwar war Niels Bohr der Meinung, die Heisenbergsche Theorie sei nicht verrückt genug für eine neue Theorie. Er drückte, wie Tamm berichtet, diesen Gedanken 1958 anläßlich eines Vortrags von Pauli zu Heisenbergs Theorie aus. Auch Tamm stimmte darin überein, wobei er betonte, die Forderung nach verrückten Ideen sei kein Freibrief für Inkonsequenz und Unlogik. Die Verrücktheit müsse in dem Neuen, Ungewohnten, ja Paradoxen zu bisherigen Auffassungen liegen. Dafür sind nach Bohr und Tamm die indefinite Metrik und die negativen Wahrscheinlichkeiten, die in Heisenbergs Theorie eine Rolle spielen, noch nicht radikal genug. Tamm fügte jedoch hinzu, ihm imponiere die Idee eines einheitlichen phy-[227]sikalischen Feldes.[228] Eben dieser Gedanke des einheitlichen Feldes ist eine mögliche, physikalische Konzeption, um die materielle Einheit der Welt im Elementarteilchenbereich zu erfassen.

b) Der Aufbau einer einheitlichen Elementarteilchentheorie

Die bisher zur Einheit der Welt geäußerten Gedanken lassen uns auch Heisenbergs Versuch zur Aufstellung einer einheitlichen Theorie der Elementarteilchen als gerechtfertigt erscheinen. Sie ist keine allumfassende Welttheorie, würde jedoch, wenn es uns gelänge, sie zu formulieren, auch neue Einsichten in nichtphysikalische Bereiche gestatten. Auch in chemischen und biologischen Prozessen spielen sich Elementarreaktionen ab. Weit davon entfernt, Biologie und Chemie auf Physik reduzieren zu wollen, glauben wir jedoch, eine genauere Kenntnis der Gesetze des Elementarteilchenverhaltens würde auch die chemische und biologische Forschung bereichern.

Heisenbergs bereits geschilderte grundlegende Gedanken zu einer einheitlichen Elementarteilchentheorie konzentrieren sich vor allem auf die Umwandelbarkeit der Teilchen ineinander.

[228] I. E. Tamm, Elementarteilchen. In: Ins Innere des Atoms, Moskau 1964, S. 25 (russ.). Neben der Auffassung, daß die Theorie der Elementarteilchen mit einem Schlag durch eine „verrückte" Idee geschaffen werden könnte, wird von Physikern auch die Meinung vertreten, nach der eine Theorie erst entstehen würde, wenn immer allgemeinere Formulierungen der Mechanik gefunden werden, die es dann gestatten, die „verrückte" Idee adäquat zu formulieren.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Wenn sich die Teilchen gegenseitig ineinander verwandeln können, wenn sich Stoff in Strahlung verwandelt und umgekehrt, dann könnte man die Teilchen selbst als bestimmte Zustände einer Urmaterie fassen, die den Baustoff für alle Teilchen darstellt. Das Ziel einer solchen einheitlichen Theorie wäre erstens die befriedigende Erklärung der Vielfalt der Elementarteilchen aus einem Grundstoff. Dieser Grundstoff brauchte gar nicht im Experiment als Stoff in Erscheinung zu treten, da er stets nur in der Gestalt bestimmter Elementarteilchen erscheint. Seine Existenz wird aus der Umwandelbarkeit der Teilchen erschlossen. Zweitens wäre die Beherrschung der Elementarteilchenreaktionen mit Hilfe einer Gleichung möglich, wodurch noch nicht bekannte Reaktionen theoretisch vorhergesagt werden können. Drittens würden sich, wie schon betont, durch eine einheitliche Theorie auch neue Einsichten in nichtphysikalische Bereiche ergeben.

Das echte Problem, das hier entsteht, ist die Erfassung der qualitativen Vielfalt von Beziehungen der Teilchen in dieser Theorie. Es gab nach der klassischen Mechanik weitere Versuche, eine einheitliche Theorie zu finden, [228] die physikalische Erscheinungen erklärt. Einstein versuchte eine einheitliche Feldtheorie aufzubauen, indem er die Feldtheorie geometrisierte. Jedoch lieferte seine Theorie kein physikalisches Resultat. Der Fehlschlag Einsteins mit seiner konkreten physikalischen Konzeption hielt die Physiker jedoch nicht davon ab, sein großartiges Programm auf andere Weise zu realisieren. Heisenberg meinte zur Einschätzung der Einsteinschen Gedanken, daß Einsteins Versuche deshalb zu keinem befriedigenden Ergebnis führten, weil einerseits die empirische Grundlage nicht ausreichte; Einstein wollte eine Feldtheorie schaffen, die alle vorhandenen Felder umfaßt; gerade in dieser Zeit aber wurden neue Elementarteilchen mit neuen Feldern gefunden. Andererseits, und das ist nach Heisenberg schwerwiegender, ging Einstein von der klassischen nichtlinearen Feldtheorie der Materie für den metrischen Feldtensor aus. Einstein dachte Atome und Elementarteilchen als singuläre Lösungen nichtlinearer Feldgleichungen zu finden. Er vernachlässigte jedoch nach Heisenberg die Bedeutung der Diskretheit der Teilchen, die gerade durch die Quantenmechanik betont wurde, was jedoch die Behandlung des Problems mittels klassischer Feldtheorien unmöglich macht. Heisenberg schreibt dazu: „Weil Einstein sich nicht mit dieser Struktur aussöhnen konnte, machte er keinen Versuch, zu einer einheitlichen Feldtheorie unter Ausnutzung der Quantengesetze zu kommen.“[229]

Gerade die Erforschung der Elementarteilchen liefere jedoch nach Heisenberg viele Argumente für das Einsteinsche Programm. Wie wir schon mehrfach betonten, ist es bei der Aufstellung neuer Theorien notwendig, bestimmte Idealisierungen vorzunehmen, von bestimmten Beziehungen zu abstrahieren. Das Bestreben der Physiker ist es, einfache Gleichungen aufzustellen, aus denen die Vielfalt physikalischen Verhaltens abgeleitet werden kann. So will ja die Feldtheorie erst einmal von der qualitativen Vielfalt der Elementarteilchen absehen, um eine Gleichung für den metrischen Tensor (Einstein) oder für einen lokalen Feldoperator (Heisenberg) zu erhalten. Die Gleichung soll grundlegende Zustände in ihrem Verhalten erfassen, aus denen sich dann durch Lösung der Gleichung und durch Umrechnungsregeln für den grundlegenden Zustand die Elementarteilchen ergeben. Es geht also um den grundlegenden Zustand, auf den die Vielfalt zurückgeführt wird oder in den sie zunächst erst einmal eingeschlossen wird.

Hier können schon verschiedene Auffassungen über den einfacheren Zustand bestehen. Für Einstein waren die grundlegenden Größen geometrischer Art, vor allem der metrische Fundamentaltensor, der von Raum und [229] Zeit abhängt. Maßstäbe und Uhren, von denen damit diese Feldtheorie abhängig ist, sind jedoch nach Heisenberg nicht das Einfachste, auf das man Alles zurückführen könne, da sie aus vielen Elementarteilchen bestehen.[230]

---

[229] W. Heisenberg, Bemerkungen zum Einsteinschen Entwurf einer einheitlichen Feldtheorie. In: Einstein und die Entwicklung des physikalisch-mathematischen Denkens, Moskau 1962, S. 64 (russ.).
[230] Ebenda, S. 103 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Trotz dieser Kritik Heisenbergs muß man den Untersuchungen der Quantengeometrodynamik große Beachtung schenken. Schon bei der geometrischen Interpretation der klassischen Physik kann man die Grundidee der Geometrodynamik erkennen. Entweder dient das Raum-Zeit-Kontinuum nur als Arena für den Kampf von Feldern und Teilchen, oder es gibt nichts außer dem leeren gekrümmten Raum. Beide Auffassungen stehen einander entgegen. Nach der ersten kann man Physik nur betreiben, wenn man zur Geometrie Teilchen und Felder hinzufügt. Nach der zweiten Auffassung sind Materie, Ladung, Elektromagnetismus und andere Felder nur Manifestationen der Krümmung des Raums. Diese Grundauffassung der Geometrodynamik gipfelt in dem Ausspruch: Physik ist Geometrie.[231] Es liegt der Versuch vor, die Einheit der Welt von verschiedenen physikalischen Eigenschaften der Materie her zu erfassen. Zweifellos ist ein berechtigter Versuch in der Rückführung materieller Bewegung auf räumliche Beziehungen zu sehen. Man erfaßt die Bewegung nicht mehr durch die sie hervorrufende äußere Kraft, sondern durch die räumliche Struktur, die erforderlich ist. Mit geometrischen Mitteln kann nicht unterschieden werden, ob eine reale Krümmung des Raumes oder eine Krafteinwirkung auf den Maßstab, mit dem gemessen wird, vorliegt. Das gibt aber die Möglichkeit, Kräfte geometrisch als Raumkrümmung zu fassen. Hier drückt der Raum die Struktur der materiellen Bewegung aus. Man kann sicher allgemein das Feld als Ausdruck der Struktur des Objekts sehen, welches das Feld hervorruft. Geometrisiert man das Feld, dann liegt die Struktur des Objekts in den Raum-Zeit-Eigenschaften verborgen. Nimmt man, wie Heisenberg, einen lokalen Feldoperator, so ist die Struktur des Objekts darin enthalten. Man könnte hier sofort die Fragen anschließen, die für den Philosophen interessant sind, nämlich wie es dann mit der Struktur des Feldes, mit der Struktur des Objekts, das das Feld hervorruft, und dem Feld dieser Struktur aussieht? Das sind Fragen, die letzten Endes wieder auf das schon erwähnte Problem führen, ob es letzte Grundbausteine der Materie gibt oder nicht. Wir wollen diese Frage im nächsten Abschnitt, der sich mit dem Verhältnis von Elementarität und Struktur befaßt, genauer betrachten.

[230] Die Quantengeometrodynamik will den Dualismus Geometrie-Physik für die Behandlung der Elementarteilchen überwinden. Dieser Versuch basiert auf der Einheit von materieller Bewegung und Raum-Zeit. Beide können nur auseinander verstanden werden. So, wie Heisenberg die raum-zeitlichen Beziehungen als das Einfachste ablehnte, wendet er sich auch gegen die Erlassung der Struktur der Elementarteilchen und ihrer Wechselwirkung mit Hilfe mathematischer Theoreme über die S-Matrix. Da Symmetrieeigenschaften und Massen der Teilchen erst eingegeben werden müssen, ist Heisenberg mit diesem theoretischen Ansatz nicht zufrieden. Außerdem sollen die Elementarteilchen sich aus der Gleichung erst ergeben.[232]

Heisenberg selbst entwickelt seine nichtlineare Spinortheorie mit einem lokalen Feldoperator für die Materie, für den er eine lorentzinvariante, nichtlineare Differentialgleichung postuliert. Auch damit werden die bereits charakterisierten Schwierigkeiten nicht umgangen, die bei der Erfassung der qualitativ verschiedenen Eigenschaften der in verschiedener Weise wechselwirkenden Elementarteilchen entstehen. Noch sind solche Probleme wie das Verhältnis von Symmetrie und Asymmetrie, von Vakuum und Teilchen usw. nicht geklärt. Heisenberg schreibt über den obersten Grundsatz beim Suchen nach einer einheitlichen Theorie: „Als oberster Grundsatz beim Suchen nach einer Theorie der Elementarteilchen wird man also aufstellen müssen: Es wird sich bei einer solchen Theorie um eine Grundgleichung für die Materie, nicht aber für einzelne Elementarteilchen handeln, und aus dieser Grundgleichung für die Materie müssen sich alle Elementarteilchen etwa als Eigenlösungen ergeben. Daraus geht auch sofort hervor, daß die Elementarteilchen in dieser Theorie eine ähnliche Rolle spielen

[231] Vgl. J. A. Wheeler, Geometrodynamics, New York 1962; Misner, C. W., und Wheeler, J. A., Classical Physics as Geometrie, Annals of Physics 2, 1957, 525 ff.
[232] Einstein und die Entwicklung des physikalisch-mathematischen Denkens, S. 66(russ.).

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

werden wie die stationären Zustände eines komplizierten atomaren Systems in der Quantenmechanik, nicht wie die Elektronen in der alten Theorie. Ferner entstehen hier die Elementarteilchen sozusagen gleichzeitig mit ihrer Wechselwirkung; der Begriff des freien Teilchens ohne Wechselwirkung wird also sinnlos. Alle Versuche, die Massen der Elementarteilchen aus Gleichungssystemen zu bestimmen, die noch keine Wechselwirkung enthalten, sind also von vornherein zum Scheitern verurteilt.“[233]

Philosophisch interessant ist die Einbeziehung der Wechselwirkung als notwendiges Merkmal der Elementarteilchen in die Theorienbildung. Klassisch war die Wechselwirkung noch vom Objekt zu isolieren. Die moderne Theorie verweist jedoch auf die Kompliziertheit objektiver Zusammen-[231]hänge, sie umfaßt sowohl Objekte als auch deren Eigenschaften und Beziehungen zu anderen Objekten. In diesem System von Beziehungen hat das einzelne Objekt seinen Platz, nicht mehr als Einzelteilchen, sondern als Teil des Systems. Auch solche physikalischen Begriffe wie Masse usw. müssen im Zusammenhang mit der Wechselwirkung gesehen werden. Hier wird der Grundgedanke der Quantenmechanik fortgesetzt: Damals erfolgte die Deutung der Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen mit Hilfe der Wechselwirkung. Heute ist die Umwandlung der Teilchen ineinander und die Wechselwirkung eines komplizierten Teilchens mit sich selbst Grundlage einer einheitlichen Theorie der Elementarteilchen. Dabei kann die Heisenbergsche Variante dieser Theorie keinesfalls als einzige angesehen werden. Bedeutung haben heute auch noch die Versuche, alle Teilchen auf bestimmte Fundamentalteilchen zu reduzieren oder die Teilchen aus ihrer Wechselwirkung heraus zu erklären, wie das Chew in der Hypothese vom „bootstrap“ tut. Hier zeigt sich deutlich, wie philosophische Thesen mit verschiedenen physikalischen Konzeptionen vereinbar sind, ohne eine von ihnen besonders auszuzeichnen. Der von uns untersuchte Gedanke von der materiellen Einheit der Welt ist auch in Gell-Manns, Sakatas, Markows u. a. Auffassungen von der Existenz von Fundamentalteilchen enthalten. Sollte sich die Vielfalt der Teilchen auf wenige Fundamentalteilchen reduzieren lassen, so wäre man der Einheit der Welt nicht deshalb auf der Spur, weil man viele Teilchen auf wenige zurückführte, sondern weil man für diese Teilchen leichter eine Theorie findet, die die anderen Elementarteilchen umfaßt. Wesentlich sind nicht wenige Teilchen, denn schon bald können Strukturelemente dieser Teilchen oder andere nicht auf die Fundamentalteilchen rückführbare Teilchen aus der geringen Anzahl wieder eine große Zahl verschiedener Teilchen machen. Wesentlich für eine neue Theorie ist, daß sie mehr Zusammenhänge berücksichtigt als die vorhergehende Theorie, damit umfassender als diese ist. Eine umfassendere Theorie ist auch in anderen Formen denkbar. Die Teilchen können sich als Erregungen der Urmaterie Heisenbergs, als Erscheinungen des gekrümmten Raums oder als Manifestationen verschiedener Formen der Wechselwirkung erweisen. Kriterien für die Richtigkeit der einen oder anderen Theorie sind logische Geschlossenheit, die Möglichkeit von Voraussagen neuer, unbekannter Zusammenhänge und das Erfassen der bekannten Zusammenhänge. Die Theorie muß also experimentell fruchtbar werden, indem sie durch neue Experimente überprüft werden kann.

So wie Gell-Manns Klassifikationsschema stark wechselwirkender Teilchen die Voraussage des Omegaminus Hyperons gestattete, das experimentell gefunden wurde, so muß gerade eine logisch geschlossene Theorie die Er-[232]klärung bekannter Sachverhalte und die Voraussage neuer Zusammenhänge gestatten. Hier liegt neben den mathematischen Schwierigkeiten ein Mangel der Heisenbergschen Theorie.

Auch die Einheit von Struktur und Wechselwirkung kann in verschiedener Weise ausgedrückt werden. Zweifellos kann man das Feld als Ausdruck der Struktur der Teilchen fassen. Dann sind die Erscheinungen des Feldes Wirkungen der Teilchenstruktur. Es lassen sich die Ei-

[233] W. Heisenberg, Der gegenwärtige Stand der Theorie der Elementarteilchen. In: „Die Naturwissenschaften“ 24/1955, S. 640.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

genschaften der Teilchen nicht an sich erforschen, sondern nur als Momente des Wesens, die in jeder Wechselwirkungsreaktion zum Ausdruck kommen. Besondere Bedeutung hat dabei die Wechselwirkung der Teilchen mit sich selbst. Sie verweist auf die innere Struktur der Teilchen, die komplizierter ist, als es in früheren Theorien angenommen wurde.

Über die Schwierigkeiten seiner Theorie schreibt Heisenberg: „Daher erzeugt die Struktur von Raum und Zeit, die in der speziellen Relativitätstheorie ausgedrückt wird, eine völlig scharfe Grenze zwischen dem Gebiet der Gleichzeitigkeit, in dem keine Wirkung übertragen werden kann, und den anderen Gebieten, in denen eine unmittelbare Wirkung von einem Vorgang zu einem anderen stattfinden kann. Andererseits setzen die Unbestimmtheitsrelationen der Quantentheorie eine feste Grenze für die Genauigkeit, mit der man Lagen und Bewegungsgrößen oder Zeit und Energie gleichzeitig messen kann. Da eine völlig scharfe Grenze eine unendliche Genauigkeit hinsichtlich der Lage in Raum und Zeit bedeutet, so müssen die zugehörigen Bewegungsgrößen und Energien vollständig unbestimmt sein, das heißt, es müssen sogar beliebig hohe Bewegungsgrößen und Energien mit einer weit überwiegenden Wahrscheinlichkeit vorkommen. Daher scheint jede Theorie, die die Forderungen der speziellen Relativitätstheorie und der Quantentheorie gleichzeitig erfüllen will, zu mathematischen Widersprüchen zu führen, nämlich zu Divergenzen im Gebiet sehr hoher Energien und Bewegungsgrößen.“[234]

Heisenberg verweist hier auf die Schwierigkeit, die durch die Anwendung der speziellen Relativitätstheorie mit ihrer genauen Abgrenzung zwischen den Gebieten, in denen Wirkung übertragen, und denen, in denen sie nicht übertragen werden kann, auf die Quantentheorie zustande kommt. Schon der Gedanke an ein Objekt, das sich gerade an dieser Grenze befindet, bringt theoretische Probleme mit sich. In die spezielle Relativitätstheorie würde es sich nur einfügen, wenn sein Vorhandensein als Punkt im Minkowskiraum charakterisiert werden kann. Hat es jedoch eine inhomogene Struktur, die es verbietet, es als Punkt zu bestimmen, treten Schwierigkeiten bei der scharfen [233] Abgrenzung auf, sie ist dann nicht mehr zu halten. Die Lösung dieser Schwierigkeit kann durch die Einführung einer Elementarlänge erfolgen. Damit wird zwar die Struktur der Objekte berücksichtigt, aber die strenge Unterscheidung der zwei Gebiete entsprechend der speziellen Relativitätstheorie ist nicht mehr haltbar. Sie ist m. E. eine Idealisierung, die dem wirklichen strukturierten Objekt nicht entspricht.

Heisenberg schreibt: „Es muß aber noch eine dritte universelle Naturkonstante geben. Dies folgt einfach, wie der Physiker sagt, aus Dimensionsgründen. Die universellen Konstanten bestimmen die Maßstäbe der Natur, sie liefern uns charakteristische Größen, auf die man alle anderen Größen in der Natur zurückführen kann. Man braucht aber mindestens drei Grundeinheiten für einen vollständigen Satz solcher Einheiten.“[235] Hier taucht das philosophische Problem nach der Bedeutung von Naturkonstanten auf. Sie charakterisieren uns in der Theorie bestimmte objektive Bereiche, die durch charakteristische Gesetze gekennzeichnet sind. Die Bereiche müssen ausreichend von anderen durch einen vollständigen Satz von Konstanten abgegrenzt sein. Wir erhalten bei der Untersuchung von Prozessen in großer Nähe der Konstanten Hinweise auf das Wirken anderer Gesetze in anderen Bereichen. Damit sind die Konstanten Umschlagspunkte für das Wirken qualitativ anderer Gesetze. Neue objektive Bereiche, die wir erforschen, sind durch neue Konstanten bestimmt. Für die Elementarteilchen haben wir mit *h* und *c* schon zwei Konstanten. Es fehlt eine dritte, die den Bereich ausreichend charakterisiert. Heisenberg meint: „Wenn man von unserer gegenwärtigen Kenntnis der Elementarteilchen ausgeht, so ist vielleicht die einfachste und angemessenste Weise, die dritte universelle Konstante einzuführen, die Annahme, daß es eine universelle Länge von der Größenordnung etwa 10^{-13} cm gibt, also eine Länge, die etwa mit den Radien leichter Atomkerne

[234] W. Heisenberg, Physik und Philosophie, S. 133 f.
[235] Ebenda, S. 136.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

vergleichbar ist. Wenn man aus diesen drei Einheiten einen Ausdruck bildet, der die Dimension einer Masse besitzt, so hat diese Masse die Größenordnung der Masse der üblichen Elementarteilchen. Wenn wir annehmen, daß die Naturgesetze tatsächlich eine solche dritte universelle Konstante von der Dimension einer Länge der Größenordnung 10^{-13} cm enthalten, dann müssen wir wieder erwarten, daß unsere gewöhnlichen Begriffe nur auf solche Gebiete von Raum und Zeit angewendet werden können, die groß sind verglichen mit jener universellen Längenkonstante. Wir sollten wieder darauf vorbereitet sein, Vorgänge von einem qualitativ neuen Charakter zu beobachten, wenn wir uns in unseren Versuchen den [234] Gebieten in Raum und Zeit nähern, die kleiner als die Radien der Atomkerne sind.“[236]

Untersucht man die Berechtigung einer solchen Elementarlänge, dann kann man sagen, daß sich aus der wirklichen Strukturiertheit und Ausgedehntheit der Objekte die Berechtigung einer Konstanten ergibt, die die Struktur der Objekte zum Ausdruck bringt. Damit erhalten wir aber keine absolute Grenze für unsere Forschung. In der Theorie, die mit einer Elementarlänge von 10^{-13} cm arbeitet, werden Prozesse unterhalb dieser Grenze nicht berücksichtigt. Die Elementarlänge gibt dann den Punkt an, unterhalb dessen die alte Theorie nicht mehr gilt. Über die Vorgänge, die sich dort abspielen, kann demnach noch nichts im Rahmen der alten Theorien ausgesagt werden. Schon heute bietet sich aus der Gravitationstheorie eine neue Konstante bei 10^{-33} cm an. Für den Physiker ist das ein Bereich, der noch praktisch unerreichbar ist, da seine Erforschung mit den heutigen technischen Mitteln noch nicht möglich ist. Aber wir werden auch die Theorie mit der Konstante 10^{-13} cm durchbrechen und dann möglicherweise eine neue Theorie mit 10^{-33} cm als Konstante aufbauen können. Wir kommen im nächsten Abschnitt noch einmal auf die Einführung einer Elementarlänge zurück. Es bieten sich heute schon verschiedene Möglichkeiten, nicht nur die von Heisenberg erwähnte von 10^{-13} cm an. Mit der Elementarlänge wird die in der speziellen Relativitätstheorie vorgenommene Idealisierung des Raumes in Punkte statt in Intervalle gezeigt. Durch die Kritik der Gleichzeitigkeit wurde es möglich, bei der Charakterisierung von Ereignissen die materiellen Wirkungen zu berücksichtigen. Aber die materielle Wirkung braucht ein Raumintervall. Sie ist kein Punktereignis. Eben das bringt die Elementarlänge zum Ausdruck.

Die moderne Elementarteilchentheorie kommt der Erkenntnis von der materiellen Einheit der Welt immer näher, aber es ist eine Einheit qualitativ verschiedener Materieformen, deren Einheit in der Wechselwirkung und Umwandlung besteht und deren qualitative Verschiedenheit in der Erhaltung der Elementarteilchen zum Ausdruck kommt, die sich voneinander durch verschiedene Charakteristika unterscheiden (Spin, Ladung, Baryonenzahl usw.).

Heisenbergs nichtlineare Spinortheorie ist der vierte Versuch einer einheitlichen Theorie nach der mechanischen, elektrodynamischen und geometrischen Naturtheorie. Bereits 1938 wurde von Iwanenko eine nichtlineare Spinorgleichung vorgeschlagen. Er schreibt dazu: „Der spinorielle Charakter des fundamentalen Feldes ergibt sich aus dem Argument de Broglies und [235] dem Modell der zusammengesetzten Teilchen, und die Nichtlinearität folgt aus der Notwendigkeit, die Wechselwirkung dieses Feldes mit sich selbst einzuführen, da es ja in der einheitlichen Theorie nur eine Form der Materie gibt.“[237] De Broglie hatte die fundamentale Rolle der Dirac-Spinoren für eine einheitliche Theorie gezeigt, die die Teilchen mit dem Spin 1/2 erfassen. Aus ihnen kann man die Teilchen mit dem Spin 0;1 usw. aufbauen. Durch die Wechselwirkung des Feldes mit sich selbst sollen die verschiedenen Elementarteilchen entstehen. Deshalb muß die Gleichung nichtlinear sein. Vielleicht liegt hier aber schon eine vorschnelle Abstraktion vor, die von der qualitativen Vielfalt der Teilchen und den verschiedenen Arten der Wechselwirkung sofort zu einer Grundsubstanz übergeht, aus der alle diese Eigen-

[236] Ebenda, S. 136 f.
[237] D. Iwanenko: Bemerkungen zu einer einheitlichen nichtlinearen Theorie der Materie, Max-Planck-Festschrift, Berlin 1958, S. 359.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

schaften erklärt werden sollen. Das führt zur notwendigen Einführung verschiedener neuer Elemente in die Theorie.

Heisenberg hat das in der Ausgangsgleichung, die eine nichtlineare Verallgemeinerung der Dirac-Gleichung darstellt, enthaltene Massenglied gestrichen. Die Massen sollen sich aus der Gleichung ergeben und nicht als Zusatzbedingungen in die Gleichung eingegeben werden müssen. Danach führte Heisenberg neue Quantisierungsregeln mit Hilfe einer indefiniten Metrik im Hilbert-Raum ein. Das führt zu Elementen einer nichtlokalen Theorie, was der inneren Struktur der Teilchen in der Nähe des Lichtkegels Rechnung trägt. Wir hatten schon auf die Problematik verwiesen, die durch die scharfe Trennung zweier Bereiche mit Hilfe des Lichtkegels entsteht. Das Verhältnis von Lokalität und Struktur der Teilchen ist physikalisch noch nicht geklärt. Es hängt mit der Vereinigung von Quanten- und Relativitätstheorie zusammen. Seine Klärung würde der Philosophie interessante Hinweise für das Verhältnis von physikalischer und philosophischer Raum-Zeit-, Struktur- und Kausalitätsauffassung geben. Damit hängt auch die von Heisenberg gestellte Frage nach dem Einfachsten in der Theorie zusammen. Man kann zwar in Heisenbergs Richtung vorgehen und das Feld als Einfachstes nehmen, aber auch die Geometrisierung der Felder, wie die S-Matrix-Theorie, versprechen Erfolge. Unabhängig von diesen Richtungen wird jedoch die Änderung unserer Raum-Zeit-Vorstellungen in kleinsten Bereichen von fast allen Physikern für notwendig erachtet. Die Begriffe des Raumpunkts und des Zeitmoments sind fiktiv. Sie sind Idealisierungen, die in der klassischen Physik und auch in der Quantenmechanik, hier aber eingeschränkt durch die Unbestimmtheitsrelationen, gültig sind. Es mag sein, daß die moderne Physik zu weiteren Einschränkungen für die Gültigkeit dieser Be-[236]griffe kommt. Tamm meint beispielsweise eine mögliche Koordinatenunbestimmtheit auch unabhängig von der in der Quantenmechanik beschriebenen Abhängigkeit der Koordinate vom Impuls sowie eine ebensolche Impulsunbestimmtheit voraussagen zu können. Er verweist auf viele Ansätze zur Änderung unserer Raum-Zeit-Auffassung vor allem durch die Quantisierung der Raum-Zeit.[238]

Diese mit den raum-zeitlichen Beziehungen im Elementarteilchenbereich zusammenhängenden Schwierigkeiten haben Heisenberg zur Annahme der von Dirac vorgeschlagenen indefiniten Metrik des Hilbert-Raums bewogen. Die weitere Entwicklung wird zeigen, ob damit etwas gewonnen ist.

Ein weiterer wesentlicher Schritt beim Aufbau seiner Theorie war die Forderung Heisenbergs, die Invarianz nicht nur gegenüber der Lorentzgruppe herzustellen, sondern auch gegenüber anderen Gruppen, z. B. der Pauligruppe, die mit dem Isospin, und der Gruppe von Salam-Toushek, die mit der Baryonenzahl verbunden werden kann. Dabei muß sich Heisenberg mit den vorhandenen Problemen auseinandersetzen, die durch die verschiedene Gültigkeit von Erhaltungssätzen in den verschiedenen Wechselwirkungsarten entstehen. So ist die Erhaltung des Isospins nur bei starken Wechselwirkungen vorhanden. Heisenberg muß die für die Elementarteilchentheorie charakteristische Beziehung zwischen Symmetrie und Asymmetrie, Erhaltung und Nichterhaltung in seiner Theorie zum Ausdruck bringen. Er versucht es durch die Einführung eines entarteten Grundzustands, der einen sehr großen Isospin zugesprochen erhält. Für die philosophische. Analyse ist es wichtig, ein Verhältnis dieses von Heisenberg postulierten Grundzustands zum Begriff des Vakuums herzustellen, was wir später noch tun werden.

[238] Vgl. I. E. Tamm, Elementarteilchen, a. a. O., S. 26 f. I. A. Aktschurin vertritt die Auffassung, „daß die künftige Theorie der Submikroprozesse kaum eine Theorie von Gleichungen sein wird – diese Art der Formulierung physikalischer Gesetzmäßigkeiten ist in unserer Zeit hoffnungslos veraltet. Die künftige einheitliche Theorie der Elementarteilchen wird, grob gesagt, eine physikalisch interpretierte algebraische Topologie sein.“ (Sowjetwissenschaft 5/1967, S. 504.) Hier tauchen neue philosophische Probleme, wie das Verhältnis von Raum und Prozeß, von Metrik, Gleichung und Topologie auf, die einer eingehenden Betrachtung bedürfen.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Wie wir schon betonten, bringt die Theorie Heisenbergs eine Reihe von ungelösten Schwierigkeiten mit sich. Vor allem wurde von einigen Physikern auch auf die von ihm benutzte vereinfachte mathematische Methode von Tamm und Dankoff verwiesen, die den Elementarteilchenprozessen nicht angemessen sein soll. Wir möchten hier auf die Worte eines der Begründer dieser Methode verweisen. S. Tamm selbst betont die Unanwendbarkeit die-[237]ser Methode für die von Heisenberg behandelten Probleme. Er ist überhaupt der Meinung, von Heisenbergs *Programm* zum Aufbau einer Theorie zu sprechen und nicht schon von der Theorie.[239] Eine vollständige Theorie liegt noch nicht vor. Infolge der vorhandenen mathematischen Schwierigkeiten ist auch nicht klar, ob es Heisenberg gelingen wird, die in jeder relativistischen Quantentheorie auftretenden unendlichen Größen zu beseitigen, um mit den physikalischen Ergebnissen übereinstimmende Größen zu erhalten. Das sonst angewandte Renormierungsverfahren kann man in Heisenbergs Theorie nicht anwenden. Er versucht gerade durch die Einführung der indefiniten Metrik, die auch zu negativen Wahrscheinlichkeiten führt, die Unendlichkeiten zu beseitigen, indem sich durch die verschiedenen Zeichen Unendlichkeiten gegenseitig kompensieren.

Über die physikalische Konzeption Heisenbergs muß die Physik entscheiden. Wir befassen uns mit den philosophischen Problemen, die sich aus Heisenbergs Theorie ergeben, und mit seinen eigenen philosophischen Ansichten. Für uns hat vor allem der Versuch Bedeutung, mit Hilfe eines Felds, einer Urmaterie, die materielle Einheit der Welt zu erfassen.

Die Berücksichtigung der bisherigen Erfahrungen mit einheitlichen Naturtheorien, denen man absolute Bedeutung zusprach, läßt uns Heisenbergs „Urmaterie“ als das erfassen, was sie ist. Ihre Existenz kann aus der Umwandlung der Teilchen ineinander geschlossen werden. Sie ist der Urstoff, aus dem sich die Teilchen aufbauen. Diese Formulierung darf jedoch nicht im klassischen Sinn verstanden werden. Wir haben keine „Uratome“ der Elementarteilchen, aus denen wir durch Aneinanderlegen alle Eigenschaften der Elementarteilchen und diese selbst erhalten. Urstoff oder Urmaterie ist hier der Ausdruck für das System der Elementarteilchen. Die Elementarteilchen sind die Elemente in diesem System, ihre Reaktionen die Beziehungen. Da sich die Teilchen ineinander verwandeln, sind sie nur bestimmte Strukturelemente eines objektiv existierenden Materiefeldes, dessen Natur noch nicht voll erkannt ist. Die Urmaterie Heisenbergs ist nicht der absolute Urgrund der Dinge, nicht die letzte Realität.

Überhaupt bietet Heisenbergs Konzeption noch viele Probleme. Sie meistert es auch nicht, die qualitative Vielfalt der Wechselwirkung in ihrer Einheit zu sehen. Obwohl es hierfür Ansätze gibt, hat sich doch in der Arbeit der theoretischen Physiker die Hinwendung zu solchen theoretischen Ansätzen vollzogen, die zu praktischen Resultaten in der Arbeit führen, wie etwa die Theorie der Dispersionsrelationen, die sich vor allem mit starken Wechselwirkungen befaßt. Die Probleme sind noch nicht gelöst. Eine einheit-[238]liche Theorie ist möglich. Welcher der bisherigen Ansätze zum Erfolg führen wird, muß die Physik der Zukunft erweisen.

2. Elementarität und Struktur

Da der weitere Fortschritt der Physik uns erst das endgültige Material zur philosophischen Verallgemeinerung der Elementarteilchentheorie liefern wird, sind heute noch keine endgültigen Stellungnahmen möglich. Wir wollen jedoch auf einige mögliche Forschungsrichtungen hinweisen, die mit der Untersuchung der Struktur der Elementarteilchen zusammenhängen. Das wird uns auch Heisenbergs Ansatz als eine mögliche Hypothese verstehen lassen.

Eine Problematik, um die die Diskussion der Physiker geführt wird und die philosophisch interessant ist, ist die Frage nach der Elementarität der Teilchen und nach ihrer Struktur. Darüber gibt es verschiedene Auffassungen. Die von Hofstadter durchgeführten Experimente über

[239] Ebenda, S. 24.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Elektronenstreuung wurden von ihm so gedeutet, „daß selbst ‚Elementarteilchen' eine Struktur aufweisen."[240] Es ergaben sich bei seinen Experimenten Abweichungen vom Streuungsbild eines punktförmigen Protons. Hofstadter erhielt 1961 den Nobelpreis für seine Entdeckung, da sie einen wesentlichen Schritt bei der experimentellen Erforschung darstellte. Man kann das Nukleon als eine Materie bezeichnen, die durch einen bestimmten Radius begrenzt ist. Heisenberg betrachtet das jedoch als eine anschauliche Deutung, der man nicht zustimmen könne. Das Hauptproblem bestehe in der Nichtanwendbarkeit der Vorstellung punktförmiger Teilchen und damit der nichtmöglichen exakten Koordinatenbestimmungen. Obwohl Heisenberg auch die Einführung einer Elementarlänge von 10^{-13} cm befürwortet, will er jedoch im Elementarbereich nicht von der Anwendung des Terminus Koordinate sprechen. Man könnte die Hofstadterschen Experimente durch das anschauliche Bild eines ausgedehnten Teilchens mit dem Durchmesser von 10^{-13} cm deuten, bei dem die Dichte vom Zentrum zur Peripherie abnimmt, wobei die Abnahme der Gaußschen Kurve entspricht. In diesem Falle kann man die Experimente Hofstadters als Ergebnisse über die Nukleonenstruktur ansehen. Nach Heisenberg ist diese Deutung mit der Illusion über die Anwendbarkeit des Begriffs „Koordinate" im Elementarteilchenbereich verbunden. Die einzige physikalische Realität, die sich nach Heisenberg aus den Experimenten ergebe, sei die anisotrope Streuung selbst, [239] aber nicht die Existenz einer sie hervorrufenden Materiedichte, die zu einem einzelnen Elementarteilchen gehöre.[241]

Die Frage nach der Struktur der Elementarteilchen ist schwierig zu beantworten. Unsere Information über die inneren Bereiche der Teilchen können wir nur über ihre Oberfläche erhalten. Gelingt es, innere Resonanzen bei Einwirkungen auf die Oberfläche zu entdecken, dann sind Aussagen über das Innere möglich. Dabei setzt diese eben geäußerte Vorstellung schon die Existenz einzelner Teilchen und ihrer Struktur voraus. Bleibt man bei den Vorstellungen Heisenbergs, dann sind die Teilchen nur Erregungen des Feldes. Sie selbst können dann gar keine Struktur besitzen. Heisenberg hebt damit die Individualität der Teilchen völlig auf. Er muß von seinem Standpunkt aus gegen die oben angeführte Deutung der Streuexperimente polemisieren. Ist nämlich die Urmaterie die Grundlage für die Existenz der Teilchen, dann kann jedes einzelne Teilchen nur als Erscheinung dieses Heisenbergschen Feldes existieren. Besäße es jedoch eine Dichte und einen bestimmten Radius, wäre es möglich, aus den dann vorhandenen Strukturelementen des Teilchens das Teilchen aufzubauen.

Wir sehen, wie sich hinter den Interpretationen physikalischer Experimente verschiedene Standpunkte hinsichtlich der Struktur der Materie verbergen. Es sind noch nicht alle Probleme gelöst, wie man auch aus der Diskussion um die Elementarlänge ersehen kann. In dem den Physiker interessierenden Bereich sind mehrere Elementarlängen physikalisch brauchbar. Auf der Tagung über Elementarteilchenbeschleuniger im Jahre 1963 in Dubna wurden im Hauptreferat von Blochinzew (u. a.) über die theoretischen Aspekte der Physik hochenergetischer Teilchen die sich aus der Annahme verschiedener Elementarlängen ergebenden Konsequenzen diskutiert.[242] Erstens kann man den elektromagnetischen Radius des Elektrons ($2{,}8 \cdot 10^{-13}$ cm) oder die Comptonlänge des π-Mesons ($1{,}4 \cdot 10^{-13}$ cm) nehmen. Für die gegenwärtigen Versuche ist diese Länge schon zu groß. Man erwartet, in Bereiche von 10^{-13} cm einzudringen und etwas über die Struktur der Teilchen aussagen zu können. Längen unter 10^{-17} cm sind dagegen vom heutigen experimentellen Stand nur schwer zu diskutieren, denn diese Längen können mit den gegenwärtigen Mitteln praktisch noch nicht erreicht werden. Sie besitzen jedoch theoretischen Wert, wie wir schon bei der sich aus der Gravitätstheorie ergebenden Länge von 10^{-33}

[240] R. Hofstadter Die Elektronenstreuung und ihre Anwendung auf die Struktur von Kernen und Elektronen. In: Physikalische Blätter, 1962, Heft 5, S. 193. Vgl. Die Kategorie Struktur und die Entwicklung der Physik der Elementarteilchen, Dubna 1966 (russ.).

[241] W. Heisenberg, Die Bohrsche Interpretation der Quantentheorie und die Physik der Elementarteilchen. In: Die Entwicklung der modernen Physik, Moskau 1964 (russ.), S. 65 f.

[242] Internationale Konferenz über Beschleuniger, Dubna 1963 (russ.), S. 21 ff.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

cm erwähnten. Zweitens kann man die Comptonlänge des Nukleons ($2 \cdot 10^{-14}$ cm) benutzen. [240] Über diese Elementarlänge kann man schon mit den gegenwärtigen Beschleunigern Ergebnisse erreichen. Schwieriger wird es mit der dritten Länge, der charakteristischen Größe für schwache Wechselwirkungen ($6 \cdot 10^{-17}$ cm). Hier werden noch größere Beschleuniger nötig sein. Die verschiedenen Möglichkeiten, die sich für die Annahme von Elementarlängen ergeben, zeigen einerseits die Notwendigkeit, von den Punktereignissen abzugehen und die Teilchen als ausgedehnt zu betrachten, verweisen andererseits aber auch auf die damit verbundenen theoretischen Schwierigkeiten. Die Anwendung eines Koordinatenoperators kompliziert die Elementarteilchenproblematik.

Hier wird zugleich deutlich, wie einige klassische Vorstellungen über die Struktur der Materie aufgegeben werden müssen. Da ist vor allem die mit der Leninschen These von der Unerschöpflichkeit der Materie oft verbundene Vorstellung einfacher mechanischer Teilbarkeit von Körpern. Man stellte sich als einzig mögliche Form der Teilbarkeit, besser der Unerschöpflichkeit, nur die Existenz kleinerer Teile in einem physikalischen Objekt vor.

So teilte man den Stoff und erhielt Moleküle. Deren Teilung wiederum ergab das Atom. Beim Eindringen ins Innere des Atoms fand man den Kern. Nun untersuchte man die Oberfläche des Kerns, um etwas über sein Inneres und damit über die Struktur der Nukleonen zu erfahren. Bei dieser Art der Teilung wurde von der Wechselwirkung abgesehen. Schon die Moleküle eines Stoffes aber existieren nicht ohne verschiedene Bindungen untereinander. Auch die Atome sind keine isolierten Individuen. Doch bei der Molekül- und Atomvorstellung abstrahierte man oft von dieser konkreten Existenz im Zusammenhang und sprach von dem jeweils bestimmten Molekül oder Atom. Beim heutigen Zustand unserer Kenntnisse über Elementarteilchen aber ist das Hervorstechende gerade die Wechselwirkung. Die Erforschung der Teilchen geht über ihre Wechselwirkung und nicht über die individuellen Besonderheiten einzelner Teilchen vor sich. Um das Nukleon zu fassen, muß man die Vermittlung der Quanten des Nukleonenfeldes, der π-Mesonen, zwischen Neutron und Proton berücksichtigen.

Die hervorragende Rolle der Wechselwirkung veranlaßte viele Physiker, diese selbst zur Grundlage für die Erklärung der Teilchen zu nehmen. Chew entwickelte die „bootstrap"-Hypothese für starke Wechselwirkungen ebenfalls in dieser Richtung. Da die Wechselwirkung der Teilchen durch die Quanten der Felder vermittelt wird und diese Quanten selbst wieder der Wechselwirkung unterliegen, also auch wieder Felder und Quanten besitzen, kann man die Teilchen aus dieser Wechselwirkung aufbauen.[243] Das ist ein [241] sich selbst genügendes System stark wechselwirkender Teilchen, für die keine Urmaterie und keine Strukturuntersuchungen notwendig wären. Die Struktur des einen Teilchens wäre durch die Struktur der anderen mitbestimmt. Kein Teilchen existiert ohne die Felder und Quanten der anderen. Da diese Quanten selbst wieder Elementarteilchen sind, bestimmen sich Teilchen, Quanten und Felder gegenseitig. Strukturuntersuchungen waren also der Klärung der Natur der Kernkräfte gewidmet. Hier kommt schon die Einheit von Struktur und Prozeß zum Ausdruck. Die Struktur soll hier vom Prozeß her, aus der Wechselwirkung heraus begriffen werden. Hier wird auch die Frage nach der Elementarität der Teilchen und ihrer Individualität beantwortet. Die Individualität der Teilchen verschwindet, und elementar, d. h. nicht weiter reduzierbar, ist die Wechselwirkung der Teilchen. Diese Hypothese hat vieles für sich. Wenn Lenin auf die Unerschöpflichkeit des Elektrons hinwies, so besteht diese jetzt in der Vielfalt möglicher Teilchen aus der Wechselwirkung. Diese für die Aufstellung einer Elementarteilchentheorie mögliche Hypothese sollte uns jedoch nicht dazu verleiten, keine tieferen Niveaus materieller Bewegungen als die der stark wechselwirkenden Teilchen anzunehmen. Noch ist das Struk-

[243] Vgl. A. Uhlmann, Neuere Vorstellungen aus dem Bereich der Elementarteilchenphysik. In: „Deutsche Zeitschrift für Philosophie", 3/1965. M. Gell-Mann u. a., Stark wechselwirkende Teilchen. In: „Priroda", 1964, Heft 10 und 11 (russ.).

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

turproblem nicht gelöst, das Verhältnis von schwacher, elektromagnetischer und starker Wechselwirkung ist noch nicht bestimmt. Es ist möglich, daß die Chewsche Hypothese eine gute Grundlage für die Erklärung stark wechselwirkender Teilchen gibt. Wir wissen ja, welche Bedeutung die Abstraktion von unwesentlichen Beziehungen für die Aufstellung der Theorie für ein bestimmtes System von objektiv-realen Elementen hat. Die Elemente wären hier durch die stark wechselwirkenden Teilchen gegeben und die Beziehungen durch deren Wechselwirkung bestimmt.

Man kann für unser Problem der Elementarität und Struktur der Teilchen folgende wesentliche von Physikern aufgestellte Hypothesen berücksichtigen.[244] Erstens kennen wir die Konzeption Heisenbergs, die die Teilchen als Erregungen einer Urmaterie annimmt. Heisenberg unternimmt dabei den Versuch, alle Teilchen, nicht nur die stark wechselwirkenden, zu erfassen. [242] Er muß dazu verschiedene Annahmen für die Theorie machen, die bei vielen Physikern Anlaß zum Widerspruch gaben, so vor allem die indefinite Metrik des Hilbert-Raums und der entartete Grundzustand. Die Frage nach der Elementarität wird durch die Annahme der Urmaterie beantwortet, die einfacher, elementarer als die Teilchen ist. Die Struktur des Einzelteilchens existiert nicht, da jedes Teilchen Erregungszustand des Feldes ist, das auch alle anderen Teilchen konstituiert. Es gibt also nur die Struktur des Feldes, dessen Strukturelemente aber gerade die Teilchen sind. Der Vorwurf gegenüber dieser Theorie besteht neben den Grundannahmen auch in der mathematischen Schwierigkeit und der praktischen Erfolglosigkeit.

Zweitens kann man die Versuche vieler Physiker erwähnen, die Teilchen in Klassifikationsschemata einzuordnen. Besondere Bedeutung erlangte hier in der letzten Zeit die Zusammenfassung der Teilchen zu Multipletten durch Gell-Mann u. a. Dabei spielt die mögliche Rückführbarkeit der Teilchen auf wenige Fundamentalteilchen eine große Rolle. Gell-Mann schlug hierfür 3* Teilchen, die „quarks“, mit ihren Antiteilchen vor. Besonderes Charakteristikum dieser Teilchen ist die Annahme gebrochener Quantenzahlen. Das erleichtert den Aufbau der anderen Teilchen ungeheuer. Ob es gelingt, die „quarks“ experimentell zu bestimmen, muß der zukünftigen Experimentalforschung überlassen bleiben. Für die Struktur der Teilchen würde sich ergeben, daß sie aus elementaren Teilchen, eben den Fundamentalteilchen, aufgebaut werden können.[245] Hier wäre Lenins These von der Unerschöpflichkeit der Elementarteilchen zu verstehen als Ausdruck der durch die Fundamentalteilchen gegebenen Vielfalt der Elementarteilchen, wobei auch die Frage nach der Unerschöpflichkeit der Fundamentalteilchen gestellt werden könnte.

Drittens könnten wir den Aufbau eines sich selbst genügenden Systems von wechselwirkenden Teilchen, die sich gegenseitig begründen und bestimmen, erwähnen. Das ist etwa der Fall in Chews „bootstrap“-Hypothese für stark wechselwirkende Teilchen. Die Struktur des Teilchens ist hier durch die Wechselwirkung und damit durch alle anderen Teilchen mitbestimmt.

---

[244] Vgl. zu dieser Problematik auch:
H. Hörz, Zu einigen philosophischen Problemen der Theorie der Elementarteilchen. In: „Deutsche Zeitschrift für Philosophie“ 7/1965.
Dort wird auch besonders auf die Problematik eingegangen, die mit der Definition des Elementarteilchens verknüpft ist. Einige der hier angedeuteten Gedanken sind dort näher erläutert.
Uns interessiert an den physikalischen Hypothesen der immanente philosophische Gehalt. Deshalb haben wir die genannten aus der Vielzahl der theoretischen Ansätze zu einer Elementarteilchentheorie herausgegriffen, obwohl sie physikalisch nicht den gleichen Allgemeinheitsgrad haben.

* Die Zahl 3 hatte die Bedeutung von drei Farb-Quarks, die beim Zusammentreffen farblos wurden. Heute gibt es mehr Quarks.

[245] Die Idee, die Vielzahl der Elementarteilchen auf Fundamentalteilchen zurückzuführen, wurde schon früher von M. A. Markow, S. Sakata u. a. ausgesprochen. Die von Gell-Mann und Zweig eingeführten Teilchen erinnern an das Triplett von Sakata, bei dem jedoch keine gebrochenen Quantenzahlen auftreten. Um die Einführung einer gebrochenen Zahl für die Ladung zu vermeiden, schlug A. Salam vor, eine neue Quantenzahl für die „quarks“ einzuführen, die er charm nannte. Trotz aller Anstrengungen wurden die „quarks“ nicht gefunden.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Wir sehen, wie sich die Heisenbergsche Hypothese als eine mögliche Antwort auf die Frage nach der Elementarität der Teilchen und nach der physikalischen Struktur von der Materie erweist. Sie ist eine mögliche physi-[243]kalische Konzeption von der Einheit der Welt. Will Heisenberg alle Teilchen aus dem Feld aufbauen, so muß die Wechselwirkung der Teilchen durch dieses Feld mit Hilfe der Quanten, also mit Hilfe anderer Teilchen ermittelt werden. Soll das Feld also Urmaterie sein, dann stellt es ein ähnlich sich selbst genügendes System dar, wie es der „bootstrap"-Mechanismus von Chew ist. Man kann die erwähnten drei Konzeptionen deshalb nicht immer scharf voneinander trennen. Sie sind auch physikalisch miteinander verbunden. Heisenberg äußerte schon früher einmal den Gedanken, die Welt sei aus kleinsten Bausteinen endlicher Größe aufgebaut. Die Frage nach Bereichen, die kleiner als diese Teilchen sind, habe deshalb keinen Sinn. Er empfindet die unanschauliche Physik deshalb auch erkenntnistheoretisch befriedigender, weil sie uns nicht erlaubt, auf einer weiteren Teilbarkeit der Elementarteilchen zu bestehen.[246]

Diesen Gedanken von der Unteilbarkeit der Elementarteilchen erläutert er auch später: „An dieser Stelle kann eine Überlegung angefügt werden, die eine Frage betrifft, die häufig von Laien über den Begriff des Elementarteilchens in der modernen Physik gestellt wird. Warum behaupten die Physiker, daß ihre Elementarteilchen sich nicht in kleinere Teile weiterzerlegen lassen? Die Antwort auf diese Frage zeigt sehr deutlich, wieviel abstrakter die moderne Naturwissenschaft ist als die griechische. Die Überlegung ist etwa die folgende: Wie könnte man ein Elementarteilchen zerlegen? Die einzigen Werkzeuge, die man hier besitzt, sind andere Elementarteilchen. Deshalb sind Zusammenstöße zwischen zwei Elementarteilchen außerordentlich hoher Bewegungsenergie die einzigen Prozesse, bei denen solche Teilchen eventuell zerlegt werden können. Tatsächlich können sie bei solchen Vorgängen geteilt werden, manchmal sogar in viele verschiedene Bruchstücke. Aber die Bruchstücke sind selbst wieder Elementarteilchen – nicht irgendwelche kleinere Teile von ihnen –, und ihre Massen sind gebildet aus der sehr großen Bewegungsenergie der zusammenstoßenden Teilchen. In anderen Worten: Durch die Verwandlung von Energie in Materie wird es möglich, daß die Bruchstücke von Elementarteilchen selbst wieder Elementarteilchen der gleichen Art sind.[247]

Es ergibt sich also für die Elementarität folgendes Paradoxon: Die Welt besteht aus teilbaren Objekten, die aus nichtteilbaren miteinander wechselwirkenden Teilchen aufgebaut sind. Die Elementarteilchen ergeben bei der Teilung in der Wechselwirkung nur wieder Elementarteilchen. Diesen grundlegenden Gedanken finden wir sowohl bei Chew als auch bei Heisenberg. [244] Vielleicht ist es voreilig, so zu schließen, denn die Bestätigung kann nur die zukünftige Forschung mit sich bringen.

Für die philosophische Analyse des Problems Elementarität und Struktur können wir aus der Betrachtung des Heisenbergschen Standpunkts und seinem Vergleich mit anderen Standpunkten vor allem festhalten, daß Lenins These von der Unerschöpflichkeit des Elektrons heute in verschiedener Weise ausgelegt werden kann. Gerade das Elektron hat sich als stabiles Teilchen erwiesen, das jedoch unter bestimmten Bedingungen zerstrahlen kann. Bei ihm zeigte sich die Unhaltbarkeit der klassischen Teilbarkeitsvorstellung deutlich. Es ist nicht klassisch teilbar, womit es nach klassischer Vorstellung elementar wäre. Aber es zerstrahlt, was wieder gegen seine Elementarität spräche. Zumindest wird daraus die Rolle der Wechselwirkung für die Lösung des Problems der Elementarität deutlich. Beim „bootstrap"-Mechanismus nimmt die These von der Unerschöpflichkeit zwei Aspekte in sich auf. Da jedes Teilchen nur durch die anderen existiert, geht hier die Unerschöpflichkeit in die Breite möglicher Teilchen und Reaktionen. Zugleich ist die Frage noch nicht geklärt, ob es tieferliegende Niveaus materieller

[246] W. Heisenberg, Die Rolle der Unbestimmtheitsrelationen in der modernen Physik. In: Monatshefte für Mathematik und Physik, Bd. 38 (1931), S. 371.
[247] W. Heisenberg, Physik und Philosophie, S. 54.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Bewegung gibt. Das wäre die Unerschöpflichkeit in die Tiefe, von der wir heute noch gar keine Anzeichen feststellen können, wenn wir Chews Hypothese annehmen. In Heisenbergs Auffassung wird die Unerschöpflichkeit in die Möglichkeiten des Feldes, der Urmaterie verlegt. Um die Problematik noch deutlicher zu machen, wollen wir noch etwas bei der Betrachtung des Verhältnisses von System – Struktur – Element und Teil – Ganzes in Anwendung auf die Elementarteilchenproblematik verweilen.

Man könnte Lenins These vereinfacht so verstehen: Jedes Ganze hat Teile. Die Teile sind wieder Ganze, die selbst auch Teile haben, was bis ins Unendliche geht. Aber hier wird völlig außer acht gelassen, daß das Ganze, ein Elementarteilchen, zwar Teile besitzen kann, die jedoch nicht nur Teile dieses Ganzen, sondern auf Grund der Wechselwirkung auch Teile aller anderen Ganzen sein können. So ist das Heisenbergsche Feld in jedem Ganzen enthalten, ohne daß es sich beim Feld nur um Bestandteile eines Ganzen handeln würde, wodurch die Teile selbst erst wieder Ganze würden. Betrachten wir deshalb als das zu erforschende System die Elementarteilchen mit ihrer Wechselwirkung, dann sind die Elemente des Systems die Teilchen und ihre Beziehungen die Wechselwirkung. Heisenberg meint dieses System theoretisch erfassen zu können. Nicht geklärt ist jedoch dabei die Frage, ob die Beziehungen in diesem System nicht so stark qualitativ verschieden sind, ausgedrückt in den verschiedenen Formen der Wechselwirkung, daß zuerst Theorien über einzelne Arten der Wechselwirkung sich als notwendig erweisen werden. Ist das der Fall, dann ist die Heisenbergsche Theorie in ihrem [245] Ansatz nicht kompliziert genug, um die qualitative Vielfalt der Wechselwirkungen zu erfassen. Vielleicht wollte das auch Bohr mit seiner Meinung zur Heisenbergschen Theorie ausdrücken, als er sie als nicht verrückt genug bezeichnete, um eine echte neue Theorie zu sein. Die Schwierigkeit einer einheitlichen Theorie besteht ja gerade in der Erfassung der qualitativen Vielfalt in der Einheit, ohne daß diese qualitative Vielfalt verlorengeht. Sie muß aus der Theorie wieder hervorgehen. Bisher sind alle Versuche, eine einheitliche Theorie aufzubauen, gescheitert: sowohl die klassische Mechanik wie die Elektrodynamik als auch die einheitliche Feldtheorie Einsteins. Die Entwicklung verlief dabei zu immer komplizierteren theoretischen Ansätzen, von der Linearität zur Nichtlinearität, von anschaulichen Größen zu komplizierten Ausdrücken für die Materie, ob nun in Heisenbergs Feldoperator oder zu geometrischen Tensoren. Gleichzeitig war es das Bestreben, vereinfachte Zusammenhänge zu finden, die die qualitative Vielfalt aus der Theorie entstehen lassen. Sicher ergibt sich aus dieser Entwicklung die Unmöglichkeit einer allgemeinen Welttheorie, aber ebenso muß man die heuristische Bedeutung des Suchens nach einheitlichen Theorien betonen. Die Entdeckung neuer physikalischer Objekte und Reaktionen ist nicht nur eine Erkenntnis in die Breite, sondern auch in die Tiefe, da sie uns zu umfassenden Theorien führt. Wir wollten mit dieser Bemerkung auf die Schwierigkeit verweisen, die einer umfassenden Theorie durch die Existenz qualitativ verschiedener Objekte und Reaktionen entsteht.

Wie könnte sich nun die weitere Entwicklung der Physik auf das von uns betrachtete Problem der Elementarität und Struktur auswirken? Wir hatten als Forschungsgegenstand Heisenbergs das System der Elementarteilchen angegeben. Unter System verstehen wir eine relativ stabile geordnete Gesamtheit von Elementen und Beziehungen, die durch das Wirken bestimmter Gesetze charakterisiert wird. Diese Gesetze sind Systemgesetze und treffen auf jedes Element einzeln zu. Heisenberg versucht, diese Systemgesetze in seiner Feldtheorie zu erfassen. Elemente des Systems sind alle Elementarteilchen, also Teilchen, Antiteilchen und Resonanzen. Sie treten in den Reaktionen als Ganzes auf. Deshalb ist zu klären, wie sie sich zu ihren Teilen verhalten, ob sie etwa letzte Elemente sind. Zweifellos sind sie keine isolierten und auch keine stabilen Elemente, da sie wechselwirken und sich ineinander verwandeln. Die erste Frage, die wir vorhin schon erhoben, war die, ob es nicht besser wäre, die Systeme verschieden wechselwirkender Teilchen getrennt zu betrachten, also eine Theorie starker Wechselwirkungen, schwacher Wechselwirkungen usw. aufzubauen. Das wird auch versucht. Theoretisch befrie-

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

digender ist jedoch eine umfassendere Theorie. Dafür sprechen auch mehrere Gründe: Erstens sind die Teilchen nicht nur [246] einer, sondern mehreren Arten von Wechselwirkungen unterworfen. Zweitens wechselwirken alle Teilchen miteinander und verwandeln sich ineinander. Drittens besteht für die Erhaltungssätze ein Zusammenhang mit der Art der Wechselwirkung. Je schwächer die Wechselwirkung, desto weniger Erhaltungssätze gelten. Das verweist auf einen vorhandenen inneren Zusammenhang der verschiedenen Wechselwirkungsarten, was das Verhältnis von Symmetrie und Asymmetrie, Erhaltung und Nichterhaltung interessant macht.

In einer solchen Theorie für das gesamte System bestimmen die Systemgesetze die Möglichkeiten für das Verhalten bestimmter Teilchengruppen, die für uns die Elemente des Systems sind, die im System als Ganze wirken. In der Theorie sprechen wir vom Ganzen oder vom Element und meinen damit ein Elementarteilchen als den Repräsentanten einer Gruppe von Teilchen, die dieselben Eigenschaften wie der Repräsentant haben. Reden wir vom Nukleon oder Elektron, dann sind damit alle Nukleonen und Elektronen unter gleichen Bedingungen gemeint. Realisiert wird das System der Elementarteilchen immer durch bestimmte Teilsysteme, in denen bestimmte Teilchen miteinander wechselwirken. Gibt es eine bisher noch nicht nachgewiesene Individualität der Teilchen, dann zeigt sie sich im zufälligen Verwirklichen der durch die Systemgesetze gegebenen Möglichkeiten. Die Verwirklichung einer der Möglichkeiten kann dabei allein aus der Individualität des Teilchens oder allein aus der Wechselwirkung oder aus einer Mischung von Wechselwirkung und Individualität entspringen. Jede dieser Annahmen hat ihre Vertreter. Die letztere ist die befriedigendste, da sie der wirklichen Kompliziertheit des Systemverhaltens am besten Rechnung trägt.

Um unsere Frage nach den möglichen Ergebnissen einer zukünftigen Physik beantworten zu können, müssen wir nun die Elemente des Systems näher betrachten. Als Ganzes fassen wir relativ konstante strukturierte Objekte, die Elemente eines Systems sind und den Systemgesetzen gehorchen. Je nachdem, wie wir nun die Frage nach der Struktur der Elementarteilchen beantworten, erhalten wir verschiedene Ganze. Bei Heisenberg ist die Struktur im Feld enthalten; damit ist das einzelne Teilchen als Ganzes kein selbständiges System mit eigenen Strukturelementen. Gerade deshalb wandte er sich auch gegen die Deutung der Hofstadterschen Experimente als Ausdruck der Nukleonenstruktur. Die zukünftige Physik kann nur nachweisen, daß die Teilchen selbst Systeme darstellen mit eigenen Elementen und Beziehungen, die wieder eigenen Systemgesetzen gehorchen. Die Beziehung zur Elementarteilchentheorie wäre dann dadurch hergestellt, daß die Beziehungen der Teilchen zueinander durch diese Systemgesetze geregelt würden. Die Elementarteilchentheorie muß auf diese innere Struktur der Teilchen ver-[247]weisen, da die Eigenschaften der Teilchen sich nur in der Wechselwirkung zeigen. Der rationelle Kern der heutigen Deutung der Struktur der Teilchen als abnehmende Dichte vom Zentrum zur Peripherie in einer Materiewolke mit bestimmtem Durchmesser bestünde dann darin, daß die Teilchen selbst aus Elementen bestünden, die miteinander wechselwirken. Dann würde für diese Elemente wieder die Frage entstehen, ob sie ebenfalls Systeme von Elementen darstellen. Wir würden dann nicht mehr die klassische Teilbarkeit der Teilchen vorfinden, sondern die Elemente eines Systems erwiesen sich wiederum als Systeme.

Es besteht jedoch auch die von Heisenberg, Chew u. a. auf verschiedene physikalische Weise realisierte Möglichkeit, daß die Ganzen des Systems selbst keine Systeme darstellen, weil ihre Struktur oder ihre Teile keinen individuellen Charakter tragen, sondern durch die Wechselwirkung bestimmt sind. Während die Auffassung der Teilchen als eigene Systeme doch in gewisser Weise wiederum von der Wechselwirkung absieht, wird durch die Negation individueller Strukturelemente für einzelne Teilchen die Wechselwirkung zur Grundlage des Systems, und die Teilchen werden nur als Erscheinungen der Wechselwirkung gefaßt. Faßte man vorher die Objekte als das Einfachste und die Teile des Objekts als einfacher als das Objekt selbst, so liegt jetzt die Betonung auf der Beziehung als dem Einfachsten. Bei der ersten

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Auffassung kommt man vom Objekt zu Teilen des Objekts und zu den Teilen der Teile. Dabei nimmt man relativ stabile Ganze an, die Systemgesetzen gehorchen und selbst Systeme sind. Hier wird die klassische Auffassung nur in ihrer mechanischen Beschränktheit getroffen, die Dialektik System – Element wird berücksichtigt. Faßt man jedoch die Ganzen, die Teilchen, nicht mehr als eigene Systeme, sondern nur als Repräsentanten der Beziehungen, dann erweisen sich die Beziehungen als das Einfachste, seien es Felder oder raum-zeitliche Beziehungen. Man erklärt nicht mehr Objekte durch kleinere Objekte, sondern Objekte durch Beziehungen. Das kommt auch in der Quantengeometrodynamik zum Ausdruck, die raum-zeitliche Beziehungen zur Grundlage nimmt, um das Objektverhalten zu erklären. In allen theoretischen Ansätzen zur Entwicklung der Physik wird diese Tendenz immer deutlicher, die Objekte nicht selbständig als isolierte Gegebenheiten sozusagen an sich zu erklären, sondern sie durch ihre Beziehungen zu erfassen. Dadurch kommt man dem Wesen der Naturzusammenhänge besser auf die Spur, weil man die Wechselwirkung selbst zum Gegenstand der Forschung macht.

Um welche Art von Ganzen es sich jedoch bei den Elementarteilchen handelt, muß die Physik selbst zeigen. Wir sehen, wie die philosophische Betrachtung solcher wesentlichen Kategorienpaare wie System – Struktur – [248] Element und Teil – Ganzes enorm beeinflußt wird. Das Problem der Struktur und Elementarität der Teilchen muß also durch weitere experimentelle und theoretische Forschung erst noch gelöst werden.

3. Symmetrie und Erhaltungssätze

Für eine einheitliche Theorie der Elementarteilchen spielen Symmetrien und damit Erhaltungssätze eine große Rolle. Wir kennen Erhaltungssätze, die in allen drei für die Elementarteilchen wesentlichen Formen der Wechselwirkung gelten, und solche, die in einer oder zwei Arten der Wechselwirkung verletzt sind. Zu den streng gültigen Erhaltungssätzen gehören vor allem die Erhaltung der Energie und des Impulses sowie der elektrischen Ladung. Die Erhaltungssätze schränken die Reaktionsmöglichkeiten der Teilchen ein, da die in ihnen enthaltenen Größen bei der Wechselwirkung und Umwandlung der Teilchen erhalten bleiben müssen.

Großes Aufsehen erregte die 1956 aufgedeckte Verletzung der Parität, der räumlichen Spiegelung bei schwachen Wechselwirkungen. In den letzten Jahren wurde außerdem aus dem Zerfall des $K_2°$-Mesons in zwei π-Mesonen auf die Verletzung der kombinierten Parität geschlossen. Nach dem Erhaltungssatz der kombinierten Parität (*CP*) darf sich die Reaktion der Teilchen nicht von ihrem Spiegelbild der Antiteilchenreaktion unterscheiden. (*C* drückt den Zusammenhang von Teilchen und Antiteilchen und *P* die Spiegelung aus.) Zur Rettung der *CP*-Erhaltung wurde auch die Annahme von der Existenz einer ultraschwachen Gravitationskraft, einer fünften Kraft, die zu den vier bekannten hinzukäme, diskutiert. Da damit jedoch nur die Nichterhaltung der kombinierten Parität ausgedrückt wäre, die Kraft weiter nichts bewirken würde, ist das vielleicht nur als ein Hinweis auf die Bedeutung der Kosmologie für eine Elementarteilchentheorie zu werten. Es zeigt sich, daß eine einheitliche Theorie der Elementarteilchen mit dem Problem fertig werden muß, daß bestimmte Erhaltungssätze verletzt werden. Zu solchen nicht streng gültigen Erhaltungssätzen gehörte beispielsweise der der Parität, der bei schwachen Wechselwirkungen verletzt wird, der des Isotopenspins, der bei schwachen und elektromagnetischen Wechselwirkungen nicht gilt u. a.

Heisenberg hebt die Bedeutung von Symmetriebetrachtungen, die das Verhalten der Elementarteilchen bestimmen, für die Erkenntnis der Naturgesetze hervor. Er schreibt: „Bei dem Versuch, aus den Experimenten über die Elementarteilchen noch mehr über die Naturgesetze zu erfahren, die die Struktur der Materie und damit die Elementarteilchen bestimmen, spielen [249] gewisse Symmetrieeigenschaften eine besonders wichtige Rolle. Wir erinnern uns daran, daß die kleinsten Teile der Materie in der Philosophie des Platon besonders symmetrische

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Gebilde, nämlich die regulären Körper Kubus, Oktaeder, Ikosaeder, Tetraeder waren. In der modernen Physik stehen zwar diese speziellen, aus der Gruppe der Drehungen im dreidimensionalen Raum gewonnenen Symmetrien nicht mehr im Mittelpunkt. Das Bleibende in der Naturwissenschaft der Neuzeit ist ja nicht eine räumliche Form, sondern ein Gesetz, also gewissermaßen eine raum-zeitliche Form, und daher müssen sich die für unsere Physik relevanten Symmetrien stets auf Raum und Zeit gemeinsam beziehen. Aber gewisse Symmetrien scheinen in der Tat in der Theorie der Elementarteilchen die allerwichtigste Rolle zu spielen.“[248] Über die von Heisenberg hervorgehobene Einheit der raum-zeitlichen Symmetrien hinaus muß man auch die Abstraktion vom dreidimensionalen Raum berücksichtigen, die bei der Betrachtung mancher Symmetrien vorgenommen wird. Wir wollen das am Beispiel des Isotopenspins verdeutlichen. Bestimmte Teilchengruppen, wie die π-Mesonen und die Nukleonen, unterscheiden sich nur durch ihre Vorzeichen, wenn man von den durch die elektromagnetische Wechselwirkung hervorgerufenen Massenunterschieden absieht. Die Zahl der Teilchen einer solchen Gruppe kann man nun durch den Isotopenspin (*I*) oder einfach Isospin charakterisieren. Sie ergibt sich als $2I + 1$. Das Nukleon ist eine Gruppe von 2 Teilchen, dem Proton und dem Neutron. Beide unterscheiden sich nur durch die elektrische Ladung, da das Neutron neutral und das Proton positiv geladen ist. Der Isotopenspin des Nukleons ist also gleich einhalb, während er für das π-Meson eins ist, da drei π-Mesonen existieren. Zur Charakterisierung der Teilchen der Isospingruppe benutzt man die aus der Ladung sich ergebende Größe *Iz*, die man die *z*-Komponente des Isotopenspins nennt. Das rührt aus einer Analogie mit dem Spinvektor her. *I* und *Iz* kann man als absoluten Wert und *z*-Komponente des Isospinvektors betrachten. Aber hier liegt kein Vektor im dreidimensionalen Raum vor, sondern die Bezeichnung entsteht aus der Analogie mit dem Spin. Man spricht vom Isospinraum. Man versteht Raum im Sinne eines Systems mathematischer Beziehungen, die das Verhalten bestimmter Parameter von Objekten erfassen. Da die Objekte viele Beziehungen und damit viele Parameter besitzen können, gibt es verschiedene Räume mit verschiedenen Dimensionen. Die Zahl der Dimensionen drückt die Zahl der erfaßten Beziehungen aus. Es zeigt sich deutlich, daß Symmetrien nicht mehr nur im Sinne von Drehungen im dreidimensionalen Raum verstanden werden können, sondern auch die verschiedenen abstrakten mathematischen Räume mit ihren [250]Symmetrien berücksichtigt werden müssen. Der Symmetriebegriff ist hier umfassender als der der Platoniker, aber auch als der der klassischen Physik.[249] Ganz allgemein drückt er Invarianz gegenüber Transformationsgruppen aus. Es geht dabei um die Erhaltung von wesentlichen Beziehungen für bestimmte Transformationen. Diese Beziehungen müssen nicht anschaulich sein, wie es das Beispiel des Isospins zeigte.

Das von Heisenberg in seiner nichtlinearen Feldgleichung aufgestellte allgemeine Naturgesetz muß ebenfalls bestimmten Symmetrieforderungen genügen. Nach Heisenberg erkennen wir die Symmetrien empirisch aus den Erhaltungssätzen und aus dem System der Quantenzahlen, die den einzelnen Elementarteilchen zukommen. Er schreibt dann weiter: „... Mathematisch können wir das durch die Forderung aussprechen, daß das grundlegende Naturgesetz für die Materie gegenüber gewissen Transformationsgruppen invariant sein solle. Diese Transformationsgruppen sind der einfachste mathematische Ausdruck für die Symmetrieeigenschaften. Sie treten in der modernen Physik an die Stelle der Platonischen Körper.“[250] Zu diesen Transformationsgruppen gehören die Lorentz-Gruppe, die Gruppe von Pauli und Gürsey, die zum Isospin führt, der schon vor dreißig Jahren von Heisenberg zur Beschreibung empirischen

[248] Ebenda, S. 137.

[249] Vgl. zum Verhältnis von Symmetrie und Erhaltung und zum Begriff der Symmetrie: B. Wenzlaff, Symmetrien als allgemeine Strukturgesetze der Natur. In: „Deutsche Zeitschrift für Philosophie“, 10/1963.
H. Wendt und F. Richter, Symmetrie und Struktur. In: „Deutsche Zeitschrift für Philosophie“, 2/1964.
W. Heitsch, Zum Verhältnis von Symmetrien und Erhaltungssätzen. In: „Deutsche Zeitschrift für Philosophie“, 3/1964.

[250] W. Heisenberg, Physik und Philosophie, S. 138.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Verhaltens der Elementarteilchen eingeführt wurde, und andere Gruppen. Das Problem besteht für Heisenberg einerseits in der Invarianz seiner Gleichung gegenüber den verschiedenen Transformationsgruppen. Andererseits muß er jedoch die Nichterhaltung bestimmter Größen bei verschiedenen Wechselwirkungstypen berücksichtigen. Er steht damit vor dem philosophisch interessanten Problem der Einheit von Symmetrie und Asymmetrie, von Erhaltung und Nichterhaltung. Dieses Problem kann sowohl physikalisch als auch philosophisch noch nicht als gelöst betrachtet werden. Die Mehrheit der Physiker versucht, durchbrochene Erhaltungssätze und verletzte Symmetrien immer wieder dadurch zu retten, daß tieferliegende Symmetrien aufgedeckt werden. Das ist sicher berechtigt. Die Forderung nach Symmetrie hat damit im Verlauf der bisherigen Physikgeschichte und auch für die zukünftige Forschung große heuristische Bedeutung.

[251] Heisenbergs Gleichung befriedigt die Forderung nach Invarianz gegenüber den erforderlichen Transformationsgruppen, wie er selbst meint: „Alle bisher bekannten Symmetrieeigenschaften lassen sich durch eine einfache Gleichung darstellen – damit ist gemeint: diese Gleichung ist gegenüber allen genannten Transformationsgruppen invariant –, und es ist daher denkbar, daß diese Gleichung schon die Naturgesetze für die Materie richtig darstellt. Aber die Entscheidung darüber ist noch nicht gefallen und wird erst im Laufe der Jahre durch eine genauere mathematische Analyse dieser Gleichung und durch den Vergleich mit dem in immer reicherem Maße gesammelten experimentellen Material gewonnen werden.“[251] Die von Heisenberg schon vor mehreren Jahren erwähnte Entscheidung über die physikalische Richtigkeit seines Ansatzes zur Aufstellung einer einheitlichen Theorie der Elementarteilchen ist auch heute noch nicht gefallen. Aber der Gedanke Heisenbergs an eine einheitliche Theorie ist wichtig. Er treibt die Forschung voran. Allerdings haben in der letzten Zeit andere theoretische Ansätze, so die Theorie der mit der *S*-Matrix verbundenen Dispersionsrelationen, größere Erfolge aufzuweisen. Deshalb darf bei der philosophischen Betrachtung solcher physikalischen Ansätze zur Entwicklung einer einheitlichen Theorie der Elementarteilchen wie der Heisenbergschen Spinortheorie nie der richtige Grundgedanke mit den vielleicht nicht durchführbaren konkreten physikalischen Ansätzen vermengt werden. Auch die in Heisenbergs Theorie immer wieder auftauchenden mathematischen Schwierigkeiten dürfen nicht der Anlaß sein, um die richtige Forderung nach einer einheitlichen Theorie mit wenigen grundlegenden Prinzipien, aus dem sich das Spektrum der Teilchen, ihre Eigenschaften und Wechselwirkungen ergeben, aufzugeben. Das wird auch kaum ein Physiker tun, wie Heisenbergs folgende Worte ausdrücken: „Aber auch abgesehen von dieser speziellen Möglichkeit wird man hoffen dürfen, durch das Zusammenwirken von Experimenten im Gebiet der Elementarteilchen höchster Energie mit der mathematischen Analyse eines Tages zu einem vollständigen Verständnis für die Einheit der Materie zu gelangen. Der Ausdruck ‚vollständiges Verständnis‘ würde bedeuten, daß die Formen der Materie – in dem Sinne, in dem etwa Aristoteles in seiner Philosophie diesen Terminus gebraucht hätte – als Ergebnisse, nämlich als Lösungen eines geschlossenen mathematischen Schemas erschienen, das die Naturgesetze für die Materie darstellt.“[252] Unabhängig von dem Erfolg seines konkreten Ansatzes spricht Heisenberg die Hoffnung aus, ein vollständiges Verständnis für die Einheit der Materie zu erlangen. Wir sehen [252] die fördernde Rolle, die diese Auffassung für die Entwicklung der Physik besitzt. Sie fordert das Streben nach tieferem Verständnis der physikalischen Struktur der Materie. Ob es uns jedoch jemals gelingen sollte, die Formen der Materie als Lösungen eines geschlossenen mathematischen Schemas zu erhalten, das die Naturgesetze der Materie darstellt, möchten wir bezweifeln. Das wäre jedoch ein Einwand, der heute noch gar nicht diskutabel ist, da die Vielfalt der erkannten Elementarteilchen erst einmal eine einheitliche Theorie verlangt. Die Möglichkeit einer solchen Theorie muß man natürlich zugestehen. Über viele mit ihr ver-

[251] Ebenda.
[252] Ebenda, S. 138 ff.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

bundene Probleme haben wir gesprochen. Sie muß die verschiedenen Arten der Wechselwirkung erfassen, die qualitative Verschiedenheit der Teilchen berücksichtigen und die Frage nach der Struktur der Teilchen klären. Vor allem muß sie auch die Einheit von Symmetrie und Asymmetrie ausdrücken. Dabei treten komplizierte Probleme auf, und man wurde in dem Moment auf Heisenbergs Bericht aufmerksam, als er die Isospingruppe in seine Gleichung einbezogen hatte. Man diskutierte dann insbesondere über die von Heisenberg dazu eingeführte Idee eines entarteten Grundzustands.

Das Vakuum in den bisherigen Theorien sollte ein völlig symmetrischer Zustand ohne Teilchen sein, aus dem durch die Anwendung von Operatoren die Teilchen gebildet werden. An dieser Auffassung des Vakuums gibt es verschiedene Kritik. Dirac entwickelte die Idee von der Einführung eines Äthers, der die Forderungen der Quantentheorie, besonders die der Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen, befriedigt. Um die Schwierigkeiten zu umgehen, die durch die spezielle Relativitätstheorie entstehen, muß unsere Vorstellung vom Vakuum geändert werden. Gewöhnlich verstehen wir darunter ein Gebiet, das völlig symmetrisch in bezug auf die vier Raum-Zeit-Dimensionen ist, wie das die spezielle Relativitätstheorie fordert. Gibt es nun einen Äther, meint Dirac, der den Unbestimmtheitsrelationen unterworfen ist, dann ist die strenge Erfüllung dieser Symmetrieforderung unmöglich. So wird das Vakuum ein unerreichbarer Zustand. Es gibt zwar keine Grenze für die Annäherung an das Vakuum, aber erreichen werden wir es nie. Das würde nach Meinung Diracs sicher die Experimentatoren befriedigen. Aber man verändert damit den Begriff des Vakuums, der in der Quantentheorie existiert. Man beginnt mit einem Zustand des Vakuums, der die Symmetriebedingungen der speziellen Relativitätstheorie nicht voll erfüllt.[253]

Auch für Heisenberg ist der Grundzustand in seiner Theorie nicht symmetrisch. Zu den auf der Genfer Konferenz 1958 und an anderen Stellen [253] erhobenen Angriffen gegen die Ausnutzung der Idee vom entarteten Grundzustand betont er in einer späteren Arbeit mit seinen Mitarbeitern, daß es sich im Fall des nichtsymmetrischen Grundzustands dem Wesen nach nicht um das Vakuum, sondern um einen „Weltzustand“ handele, der Grundlage für die Existenz der Elementarteilchen ist. Dieser Zustand habe einen endlichen, aber sehr großen, also praktisch einen unendlich großen Isospin. Die „Welt“ hat neben Elektronen und Protonen eine beliebig große Zahl Neutronen. Die Zustände, die dem Neutron und dem Proton entsprechen, haben etwas verschiedene Masse. Sie entsprechen in der Heisenbergschen Theorie den beiden Komponenten des Dubletts vom System „Nukleon und Welt“, in dem der zusätzliche Isospin parallel oder nicht parallel zum Isospin der „Welt“ sein kann. Danach hat das System wieder einen unendlich großen Isospin.[254]

Obwohl diese Idee des nichtsymmetrischen Grundzustandes bei vielen Physikern Kritik hervorgerufen hat, versuchen die Anhänger der Heisenbergschen Auffassung, die Bedeutung dieses Gedankens zu erläutern. Weizsäcker schreibt: „Man kann zeigen, daß die Anwendung endlich vieler Feldoperatoren auf das absolute (nackte) Vakuum der Heisenbergschen Theorie niemals die – empirisch ja vorhandenen – Teilchen endlicher Ruhemasse erzeugen kann. Wiederum erscheint dies nicht unnatürlich. Das absolute Vakuum bedeutet die leere Welt. Läßt hingegen ein Experimentator ein einzelnes Teilchen in ein Vakuum eintreten, so ist dieses Vakuum in einer Röhre in einem Laboratorium oder allenfalls im Weltraum zwischen den Sternen. Das ‚physikalische Vakuum‘ setzt als Randbedingung die Existenz einer wohldefinierten, wenngleich nur roh beschriebenen Welt voraus.“[255]

---

[253] Vgl. P. A. M. Dirac, Die Entwicklung der Ansichten der Physiker über das Naturbild. In: „Voprosy Filosofii“, 12/1963 (russ.).

[254] Vgl. W. Heisenberg, H. Dürr, H. Milter, S. Schlieder und K. Yamasaki, Zur Theorie der Elementarteilchen. In: „Zeitschrift für Naturforschung“, H. 5/6 (1959).

[255] C. F. v. Weizsäcker, Die Einheit der Physik. In: Werner Heisenberg und die Physik unserer Zeit, S. 43.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Wir sehen hier eine Schwierigkeit, mit der man sich bei jeder Theorienbildung auseinandersetzen muß. Zweifellos ist das wirkliche Vakuum nicht absolut. Mit dem Begriff des Vakuums haben wir uns aber ein Hilfsmittel geschaffen, um objektive Zustände beschreiben zu können. Die Definition des Begriffs hebt einen materiefreien, völlig symmetrischen objektiven Zustand hervor. Das ist eine nur annähernd zu verwirklichende Idealisierung, wie sie auch früher schon vorgenommen worden war. Es ist nun schwierig, zu entscheiden, ob der Begriff in der neuen Theorie nicht mehr gebraucht werden kann oder ob er seine Bedeutung noch nicht verloren hat. Da er schon immer den nicht zu realisierenden Idealzustand ausdrückte, liegt es nicht an der Unklarheit des Begriffs. Auch heute gilt, wie früher, daß das [254] Vakuum nur annähernd zu erreichen ist, daß es, nach Dirac, ein unerreichbarer Zustand ist, dem man sich nur annähern kann. Nicht brauchbar ist dieser Begriff, wenn in ihm für die Elementarteilchen von wesentlichen, den Charakter der Elementarteilchenprozesse bestimmenden Beziehungen abgesehen wird. Dies scheint der Fall zu sein, da Heisenberg auf die notwendige Entartung des Grundzustands für den Aufbau der Teilchen verweist. Er steckt bestimmte Asymmetrien bereits in den Grundzustand, die sonst erst durch andere Operationen gewonnen werden müßten, denn real existieren sie ja. Dürr schreibt dazu: „In der Heisenbergschen Theorie wird deshalb der stufenweise Zusammenbruch der Symmetrien, der mit einer Änderung der Wechselwirkung in Form und Stärke einhergeht, nicht in einem unsymmetrischen Naturgesetz gesucht, sondern als Ausdruck einer recht komplizierten Struktur des Grundzustandes – der nun besser ‚Welt' als Vakuum genannt werden soll – gedeutet."[256] Heisenberg muß, wie Dürr betont, mit dem stufenweisen Zusammenbruch der Symmetrien fertig werden. Das muß auch jede andere Elementarteilchentheorie. Sicher ist die Heisenbergsche Konzeption nicht die einzige, aber es ist eine mögliche Variante zur Lösung des Problems.

In der Geschichte der Physik begegnen uns immer wieder notwendige Revisionen, um zu scharfen Begriffsbildungen und Theorien zu kommen. Das ist ein notwendiger Entwicklungsprozeß. Denken wir nur an die Idealisierung des Körpers als Massenpunkt, die heute durch eine bessere Begriffsbildung ersetzt werden soll, aber die auch notwendig war, um überhaupt Physik betreiben zu können. Denken wir auch an die scharfen Forderungen der speziellen Relativitätstheorie, die bei der Vereinigung mit der Quantentheorie zu unendlichen Größen führt, die keine physikalische Entsprechung besitzen. Die Beseitigung dieser Unendlichkeiten mit Hilfe von Renormierung bringt zeitweilige Erfolge, schafft aber das Problem nicht aus der Welt, daß die Symmetrieforderungen der speziellen Relativitätstheorie nicht voll der Wirklichkeit entsprechen. Auch sie stellen eine notwendige, auf bestimmte Bereiche exakt anwendbare Idealisierung wirklicher Beziehungen dar. Verbunden damit sind wichtige Probleme der Kausalitätsforderungen in der Mikrophysik. Es werden lokale und nichtlokale Theorien aufgestellt. Die zur Klärung des Verhältnisses von Kausalität und Lokalität in der Zukunft zu erwartenden Beiträge müssen von den Philosophen zur Präzisierung des dialektischen Determinismus genutzt werden. Dabei taucht die interessante, von Heisenberg in Analogie zu Einsteins Problemen gestellte Frage auf, [255] ob es uns gelingt, die Ereignisse in einem begrenzten Raum-Zeit-Gebiet von den Ereignissen in der übrigen Welt zu trennen. Wenn das möglich ist, dann kann man die Ereignisse in dem kleinen Raum-Zeit-Gebiet erfassen, ohne die Aufmerksamkeit der übrigen Welt zuwenden zu müssen. Vielleicht hilft uns aber gerade die Berücksichtigung kosmologischer Bedingungen, eine Elementarteilchentheorie zu erhalten. Darauf macht D. D. Iwanenko in der letzten Zeit immer wieder aufmerksam.

Einstein stand vor einem ähnlichen Problem. Bei rotierenden Systemen wirken Coriolis- und Zentralkräfte, die im ruhenden Koordinatensystem fehlen. Dabei bestimmt der Zustand der äußeren Welt, bezogen auf ein bestimmtes System, die Entstehung der Kräfte in diesem Sy-

[256] H. P. Dürr, Heisenbergs Theorie der Elementarteilchen. In: Werner Heisenberg und die Physik unserer Zeit, S. 306.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

stem. Heisenberg nutzt diesen Gedanken aus, um die Abweichung von der Invarianz des Isospins zu erklären. Diese Invarianz fehlt bei Kräften mit großem Wirkungsradius, z. B. bei elektromagnetischen Kräften. Bei großem Radius kann deshalb, nach Heisenberg, die Einwirkung der Massen des Universums, die weit entfernt sind, die Abweichung von der Invarianz bewirken.[257]

Wir möchten hier einen Gedanken zum Verhältnis von schwacher und starker Wechselwirkung anschließen, den wir an anderer Stelle ausführlich erläutert haben.[258] Es handelt sich um eine mögliche philosophische Deutung des Verhältnisses von Symmetrie und Asymmetrie bei schwacher und starker Wechselwirkung, die sich mit den oben erwähnten Gedanken Heisenbergs verbinden läßt. Es existieren relativ isolierte Systeme, die von der sie umgebenden Welt nicht wesentlich beeinflußt werden, die man also aus ihren inneren Beziehungen erklären kann. Man kann nun berücksichtigen, daß jedes System durch die Art der Wechselwirkung seiner Elemente bestimmt wird. Danach sind die Stärke der Wechselwirkung und der Radius seiner Wirkung für die Stabilität des Systems verantwortlich. Man kann die starke Wechselwirkung deshalb als systemerhaltende Kraft erfassen, die die Elementarteilchen zu einem relativ stabilen System zusammenschließt. In diesem System gelten neben den streng gültigen Erhaltungssätzen solche, die spezifisch für dieses System sind. Während die starke Wechselwirkung für die Systemerhaltung entscheidend ist, charakterisiert die schwache Wechselwirkung den Zerfall, die Systemauflösung. Ein Neutron steht im Kern in starker Wechselwirkung mit dem Proton. Beide Teilchen erscheinen als zwei Aspekte des Kernteilchens, des Nukleons. Die Wechselwirkung im Nukleon [256] wird durch die π-Mesonen verwirklicht. Dieses System der Kernteilchen mit ihren Wechselwirkungen ist relativ stabil. Sehen wir dabei erst einmal von künstlichem oder natürlichem Kernzerfall ab, so ist dieses System durch viele Symmetrien gekennzeichnet.

Betrachten wir nun das Neutron nicht im Kern, sondern als freies Teilchen, herausgelöst aus dem System starker Wechselwirkungen, dann hat es eine Lebensdauer von 17,3 Minuten. Bei der Deutung des Neutronenzerfalls erschien es erst so, als ob der Energieerhaltungssatz verletzt sei. Es gab deshalb in den dreißiger Jahren eine Reihe von Artikeln, in denen der Energieerhaltungssatz angezweifelt wurde. Selbst Bohr sprach sich für eine rein statistische Gültigkeit aus. 1934 machte dann Pauli die Annahme, beim Zerfall des Neutrons werde neben dem ausgestrahlten Elektron noch ein anderes Teilchen ausgesandt. Dieses Teilchen, das Neutrino, mußte nach dem Ladungserhaltungssatz neutral sein und eine kleine Masse besitzen, aber die fehlende Energie in diesem Umwandlungsprozeß repräsentieren. Die Hypothese vom Neutrino hatte großen heuristischen Wert. Man fand die symmetrische Reaktion zur Aussendung des Elektrons in der Ausstrahlung eines Positrons, die man mit dem hypothetischen Antineutrino verband. Später erklärte man auch die Mesonenprozesse mit Hilfe des Neutrinos. Das Neutrino wurde experimentell nachgewiesen, womit der Energieerhaltungssatz sich als streng gültig erwies. Hier hatte der Glaube an die Gültigkeit des Erhaltungssatzes große erkenntnisfördernde Bedeutung. Heute kennt man bereits zwei Arten des Neutrinos, wobei die erste Art mit den Elektronen- und die zweite mit Mesonenprozessen verbunden ist.

Das freie Neutron zerfällt. Die dafür charakteristische schwache Wechselwirkung ist die Aufhebung des relativ abgeschlossenen Systems. Bei ihr treten wesentliche Einwirkungen der Außenwelt auf, die zur Verletzung von Erhaltungssätzen führen. In der Beziehung zwischen Spin und Geschwindigkeit der beim ß-Zerfall ausgesandten Elektronen macht sich eine Verletzung der Parität bemerkbar. Im Gegensatz zur starken Wechselwirkung, die ein relativ isoliertes System der wechselwirkenden Elemente charakterisiert, ist die schwache Wechsel-

[257] Vgl. Einstein und die Entwicklung des physikalisch-mathematischen Denkens, S. 66 ff.
[258] Vgl. H. Hörz, Symmetrie, Gesetz und Wechselwirkung. In: „Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität, Gesellschafts- und sprachwissenschaftliche Reihe“, 4/5 (1965).

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

wirkung die Aufhebung dieses Systems, seine Veränderung. Damit tritt die Veränderung des Systems als Ausdruck von Symmetrieverletzung, von Nichterhaltung, in den Vordergrund. Die starke Wechselwirkung wäre dann ein Grenzfall der schwachen, bei der eventuell existierende Parameter für die Veränderung des Systems nicht berücksichtigt zu werden brauchten.

Wir hätten damit im Anschluß an Heisenbergs Gedanken Systeme, die durch eine größere Zahl von Erhaltungssätzen charakterisiert sind als die durch schwache Wechselwirkung verbundenen Elementarteilchen. Dabei [257] braucht der Einfluß äußerer Einwirkungen oder innerer Veränderungen auf diese stabilen Beziehungen, die sich in der Verletzung von Erhaltungssätzen äußert, nicht berücksichtigt zu werden. Klar sein müssen wir uns nur darüber, daß wir hier wieder ein Idealsystem geschaffen haben, das in der Wirklichkeit nur annähernd verwirklicht ist. Äußere Einwirkungen auf dieses System können auch künstlicher Natur sein, so wie der Beschuß des Kerns mit Elementarteilchen, der zum Zerfall des Kerns führt. Die Natur des natürlichen Kernzerfalls ist dabei noch nicht geklärt. Es zeigen sich hier die Relativität der stabilen Systeme und die annähernde Idealisierung, die wir vornehmen, indem wir von der Veränderung oder der vielleicht vorhandenen unwesentlichen Nichterhaltung bestimmter Größen absehen.

Die schwachen Wechselwirkungen treten vor allem beim freien Neutron auf. Sie charakterisieren aber auch den Kernzerfall. Sie sind also die Beziehungen eines sich verändernden Systems, bei dem zwar die streng gültigen Erhaltungssätze auch berücksichtigt werden müssen, aber andere Sätze verletzt werden. Erhaltung ist immer eine Idealisierung gegenüber den wirklichen Veränderungen des wechselwirkenden Objekts.[259] Aber die Erhaltung bestimmter Parameter ist Ausdruck für das Wirken von Gesetzen in einem System von Elementarteilchen. Löst sich das System auf Grund innerer Veränderungen oder äußerer Einwirkungen auf, sind die systemerhaltenden Kräfte nicht allein wirksam, dann verschwinden damit auch die Bedingungen für die Gültigkeit der Systemgesetze; es wirken andere Gesetze, durch die die Veränderung des Systems charakterisiert wird. Dabei sind starke und schwache Wechselwirkungen in Extremfällen in gesonderten Systemen wirksam, wenn wir von der elektromagnetischen und Gravitationswechselwirkung absehen, bilden jedoch in vielen Systemen eine Einheit. Die Einheit von starker und schwacher Wechselwirkung, ihr Zusammenhang mit der Erhaltung und Nichterhaltung ist damit Ausdruck der objektiv existierenden Einheit von Symmetrie und Asymmetrie. Es ist möglich, von der Veränderung der Parameter in einem System stabiler Beziehungen zur Aufstellung von Symmetrien zu kommen, die durch die Veränderungen bestimmt werden. So ist die Wechselwirkung im Kern zwischen Proton und Neutron mittels π-Mesonen die Grundlage für die Existenz von streng gültigen und nur [258] für diese Wechselwirkung gültigen Erhaltungssätzen. Aber diese relativ stabilen Beziehungen können sich verändern, das System kann sich in ein anderes verwandeln. Hier wird die Frage nach der Existenz von Gesetzen für die Veränderung aktuell: Kann man die Nichterhaltung gesetzmäßig erfassen? Es existiert wohl eine Einheit von Symmetrie und Asymmetrie dergestalt, daß wir Symmetrien, die durchbrochen werden, in umfassenderen Systemen wieder als kombinierte Symmetrien finden. Denken wir an die Durchbrechung der Parität, so kann man ihr begegnen, indem man den Prozeß nicht nur spiegelt, sondern dabei die Teilchen in Antiteilchen verwandelt. Wird auch diese Symmetrie durchbrochen, dann kann man weitere Parameter kombinieren. Insofern hat die Forderung nach Symmetrie heuristische Bedeutung, weil sie uns stets zwingt, tieferliegende Symmetrien zu finden, die uns die Kompliziertheit objektiver Prozesse besser verstehen lassen. Zugleich kann man jedoch auch die ergänzende

[259] Auf die Einheit von Erhaltung und Nichterhaltung in einem System wechselwirkender Objekte haben wir an anderer Stelle aufmerksam gemacht. Vgl. dazu: H. Hörz, Zum Verhältnis von Kausalität und Determinismus. In: „Deutsche Zeitschrift für Philosophie“, 2/1963. Hier geht es um eine weitergehende Frage, um die mögliche Existenz von Gesetzen für die Asymmetrie, für die Durchbrechung der Erhaltung oder für die Gerichtetheit von Prozessen: Eine Frage, die seit dem Entropiegesetz immer wieder diskutiert wird.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Aufgabe stellen, den Prozeß in seiner Veränderung zu charakterisieren und die Gesetze der Nichterhaltung zugrunde liegender Veränderungen des Systems stabiler Beziehungen zu finden. Damit käme man der Einheit von Symmetrie und Asymmetrie noch besser auf die Spur.

Solche philosophischen Überlegungen können durch die zukünftige Forschung konkretisiert, bestätigt oder widerlegt werden. Soviel steht fest, der Mechanismus der Wechselwirkung ist vor allem nach der Seite symmetrischen oder asymmetrischen Verhaltens der Elementarobjekte ungenügend erforscht. Ob man einen asymmetrischen Weltzustand statt des symmetrischen Vakuums meint, wie Heisenberg, oder ein asymmetrisches Naturgesetz, ob man Asymmetrien auf tieferliegende Symmetrien zurückführen will oder Gesetze asymmetrischen Verhaltens sucht, in allen Konzeptionen kommt die Kompliziertheit des Verhältnisses von Symmetrie und Asymmetrie zum Ausdruck. Wir erwarten deshalb von der physikalischen Bewältigung dieses Problems auch Anregungen für seine philosophische Lösung.

Wir haben in diesem Kapitel gesehen, wie die philosophischen Äußerungen Heisenbergs, der Vergleich seiner physikalischen Konzeption mit anderen und die sich daraus ergebenden Schwierigkeiten zu interessanten philosophischen Problemen der Elementarteilchentheorie führen. Vor allem wird der enge Zusammenhang von philosophischen und physikalischen Auffassungen auch in der modernen Physik deutlich. Die Elementarteilchentheorie bereichert philosophische Begriffe, läßt Fragen an die Philosophie entstehen und zeigt offene Probleme auf. Ebenso stellt die philosophische Analyse Fragen an die Physik, die heute noch nicht beantwortet werden können. Bei der Diskussion offener physikalischer und philosophischer Probleme können sich beide Wissenschaften gegenseitig befruchten. [259]

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

V. SPRACHE UND DENKEN IN NATURWISSENSCHAFT UND PHILOSOPHIE

Die Umwälzung von Grundbegriffen durch die Physik unseres Jahrhunderts, an der Heisenberg maßgeblich beteiligt war, führte zu heftigen philosophischen Auseinandersetzungen. Dabei entwickelte sich auch eine neue Haltung vieler Naturwissenschaftler zur Philosophie. Dafür gibt es verschiedene Gründe. Der mechanische Materialismus reichte für viele Naturwissenschaftler bis ins 19. Jh. hinein aus, um die auftauchenden philosophischen Probleme zu klären. Zweifellos gab es viele philosophische Probleme, die den Physiker und auch viele andere Naturwissenschaftler aber wenig beschäftigten, solange sie ihre experimentellen Resultate beschrieben, die zur Unterstützung der klassischen Theorien dienten. Unser Jahrhundert brachte zwei umfassende neue physikalische Theorien hervor: die Relativitäts- und Quantentheorie. Das führte zu einem ungeheuren Aufschwung des theoretischen Denkens in der Physik, zunächst wohl mehr durch die Relativitäts- als durch die Quantentheorie hervorgerufen. Letztere schien anfangs den Positivismus zu bestätigen. Sie wurde philosophisch mit dem Heisenbergschen Beobachtungsprinzip verbunden, zu dem wir noch Stellung nehmen werden. In ihr zeigte sich die Bedeutung des theoretischen Denkens vor allem in der Rolle der Mathematik.

Zur Relativitätstheorie schrieb der erste deutsche Nobelpreisträger für Physik, der berühmte Experimentalphysiker Wilhelm Röntgen: „Mir will es noch nicht in den Kopf hinein, daß man so ganz abstrakte Betrachtungen und Begriffe gebrauchen muß, um Naturerscheinungen zu erklären.“[260] Die weitere Entwicklung der Physik verstärkte den Gebrauch abstrakter Begriffe noch mehr. Denken wir nur an die allgemeinen Vorstellungen, die den verschiedenen Ansätzen zu einer Elementarteilchentheorie zugrunde liegen.

Der Übergang zu allgemeineren und damit umfassenderen Theorien führte zur direkten Verbindung von philosophischen und physikalischen Problemen. Ein weiterer Grund für die heute vorhandene enge Verbindung von Physik und Philosophie liegt in den methodologischen und erkenntnistheoretischen Problemen, die bei der Untersuchung des komplizierten objektiven Zusammenhangs physikalischer Prozesse auftauchten. So machten sich die Physiker Gedanken zur Wirklichkeitsauffassung der modernen Physik, untersuchten das Subjekt-Objekt-Verhältnis, den Erkenntnisprozeß und das Verhältnis verschiedener Theorien zueinander. Die immer größer werdende Gemeinschaftsarbeit, der enge Zusammenhang der Wissenschaften untereinander, [260] die Verbindung von physikalischen Forschungsergebnissen mit politischen Machtfragen, wie sie sich in der Raketen- und Atomtechnik zeigt, die daraus resultierenden sozialen, politischen und moralischen Probleme usw. führten zum Interesse vieler Physiker an weltanschaulichen Problemen. Manche versuchten selbst, ihren Beitrag zur Philosophie von naturwissenschaftlicher Seite aus zu leisten. So meinte Max Born in einem Rundfunkvortrag, die Denkmethoden der Physiker zur Klärung philosophischer Probleme hätten sich herausgebildet, „weil das traditionelle Denken der Philosophen in der Praxis der modernen Physik versagt hat“. Die Physiker schlagen keinen Empirismus vor, „den die metaphysischen Philosophen so gern als flach bezeichnen“, führt Born fort. Er sagt dann weiter: „Die Denkgesetze, mit denen die Physiker arbeiten, sind nicht aus der Erfahrung abstrahiert, sondern sind Ideen, Erfindungen großer Denker. Aber sie sind an der Erfahrung erprobt, und zwar in einem gewaltigen Umfang. Ich habe also vor, nicht Philosophie der Naturwissenschaften zu treiben, sondern Philosophie auf naturwissenschaftliche Weise. Ich bin mir klar, daß die Metaphysiker mir das sehr verübeln werden.“[261]

In Borns Worten kommt sowohl die Unzufriedenheit mit der traditionellen Philosophie als auch das Bestreben mancher Physiker zum Ausdruck, selbst Philosophie zu treiben, um eine

[260] Zitiert bei F. Herneck: Albert Einstein, Berlin 1963, S. 101.
[261] Max Born, Symbol und Wirklichkeit, Rundfunkvortrag vom 1. 2. 1965 im WDR III.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

der Physik angemessene Lösung philosophischer Probleme zu erhalten. Bei der Klärung philosophischer Probleme der Physik geht es heute darum, die Philosophie auf wissenschaftliche Weise zu betreiben, d. h. unter Ausnutzung der von der Einzelwissenschaft, in unserem Falle der Physik, gelieferten Ergebnisse. Dann fällt die von Born gemachte Trennung zwischen der Philosophie der Naturwissenschaften und dem Betreiben der Philosophie auf naturwissenschaftliche Weise. Beide Aspekte philosophischen Denkens müssen durch die Gemeinschaftsarbeit vereinigt werden, wodurch erst eine Philosophie der Naturwissenschaften entstehen kann.[262]

Borns Worte bestätigen auch die von uns charakterisierte Annäherung von Physik und Philosophie in unserer Zeit. Physiker bemühen sich bewußt um die Klärung philosophischer Probleme, wobei sie zur Begründung materia-[261]listischer und dialektischer Auffassungen über die Naturzusammenhänge vorstoßen. Das trifft auch auf Heisenberg zu, der sich um echte erkenntnistheoretische und methodologische Probleme und ihre Lösung bemüht. Dazu gehören vor allem die Untersuchung des Erkenntnisprozesses, die Rolle des theoretischen Denkens, die Entwicklung der Begriffe und die Bedeutung der Abstraktion. Ihre Behandlung durch Heisenberg zeigt uns seinen erkenntnistheoretischen und methodologischen Standpunkt. Interessant sind wiederum die Änderung der Ansichten von Heisenberg, die vor allem bei der Betrachtung des von ihm aufgestellten Beobachtbarkeitsprinzips deutlich wird, und die Erkenntnis dialektischer Beziehungen bei der Entwicklung der Begriffe.

1. Das Heisenbergsche Beobachtbarkeitsprinzip

Das von Heisenberg bei der Begründung der Quantenmechanik aufgestellte Beobachtbarkeitsprinzip wurde von einigen marxistischen Philosophen heftig angegriffen.[263] Betrachtet man aber heute die Entwicklung, dann müssen manche der in der ersten Zeit geäußerten Thesen, die mit dem Idealismus in Zusammenhang gebracht werden können, dem noch nicht voll vorhandenen Verständnis für die neue erkenntnistheoretische Situation zugeschrieben werden. Grundlegende Umwälzungen im Denken der Physiker führten manchmal zu Äußerungen, die sie später selbst verurteilten. Die Situation war durch eine heftige Diskussion um physikalische, philosophische und politische Probleme gekennzeichnet. Heisenberg erklärt dazu: „Diese heftige Reaktion auf die jüngste Entwicklung der modernen Physik kann man nur verstehen, wenn man erkennt, daß hier die Fundamente der Physik und vielleicht der Naturwissenschaft überhaupt in Bewegung geraten waren und daß diese Bewegung ein Gefühl hervorgerufen hat, als würde der Boden, auf dem die Naturwissenschaft steht, uns unter den Füßen weggezogen. Gleichzeitig bedeutete es aber doch wohl auch, daß man noch nicht die richtige Sprache gefunden hatte, in der man über die neue Situation sprechen [262] konnte, und daß die ungenauen und zum Teil unkorrekten Behauptungen, die hier und dort in der Begeisterung über die neuen Entdeckungen veröffentlicht worden sind, alle Arten von Mißverständnissen hervorgerufen haben.“[264] Offensichtlich gab es auch nach Meinung Heisenbergs ungenaue und unkorrekte Bezeichnungen, die zu Mißverständnissen Anlaß gaben. Versuchen

[262] Hierzu wurden am Lehrstuhl Philosophische Probleme der Naturwissenschaften an der Humboldt-Universität Berlin, dem der Verfasser angehört, durch die Gemeinschaftsarbeit zwischen Philosophen und Naturwissenschaftlern erste Erfolge erzielt. Vgl. dazu: H. Hörz, Für eine schöpferische Zusammenarbeit zwischen Naturwissenschaftlern und marxistischen Philosophen. In: Philosophie im Meinungsstreit, Berlin 1965, S. 179 ff.

[263] In dem Buch von M. E. Omeljanowski „Philosophische Probleme der Quantenmechanik“, Berlin 1962, S. 104 ff., wird eine scharfe Kritik dieses Prinzips durchgeführt. Nach der Meinung Omeljanowskis dient es dem Idealismus. Dabei liegt m. E. eine Überbetonung idealistisch deutbarer Aussagen vor. Das Verständnis für die historisch schwierige Lösung des Erkenntnisproblems für den Physiker fehlt, und der rationelle Kern der Beobachtbarkeitsthese, der bei der Entwicklung der Quantenmechanik fruchtbar wurde, wird vernachlässigt. Hinzu kommt, daß sich die Kopenhagener Schule und speziell Heisenberg, wie wir noch sehen werden, von den idealistischen Konsequenzen dieses Prinzips im wesentlichen losgesagt hat.

[264] W. Heisenberg, Physik und Philosophie, S. 139.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

wir deshalb, den rationellen Kern der Gedanken zu verstehen, die Heisenberg mit dem Beobachtbarkeitsprinzip verband. Wir werden dabei sehen, wie sich auch seine Meinung verändert hat.

Die zu Beginn unseres Jahrhunderts durchgeführten Forschungen über die Atomstruktur hatten durch die Anwendung der Planckschen Quantenhypothese auf das Rutherfordsche Atommodell zu Bohrs Atomtheorie geführt. Damit war die Stabilität der Atome erklärt, und in einfachen Fällen konnte eine Deutung der Linienspektren gegeben werden, die von den Atomen bei Anregung durch elektrische Entladungen oder Wärmebewegung ausgesandt werden. So ergab sich bei der Berechnung der Frequenzen des vom Wasserstoffatom ausgesandten Lichts Übereinstimmung der Theorie mit dem Experiment. Diese Frequenzen waren jedoch von den Bewegungsfrequenzen der Elektronen in ihren Bahnen und deren Oberschwingungen verschieden. Damit wurde der Begriff „Elektronenbahn“ problematisch. War die Newtonsche Mechanik schon durch die Einführung der gequantelten Elektronenbahnen in wesentlichen Punkten getroffen, so ging offensichtlich die Kritik klassischer Begriffe noch weiter. Auch wenn man den Bahnbegriff nicht aufgeben wollte, mußte man doch die vorhandenen Widersprüche in der Theorie anerkennen. Es wurde das von der Spektroskopie angesammelte Material über die Spektren verschiedener Elemente untersucht, um die Quantengesetze zu finden. Immer wieder tauchte die Frage auf, ob überhaupt eine Elektronenbahn wirklich existiere. Die Bahnfrequenzen waren jedenfalls nicht mit den Frequenzen der ermittelten Strahlung identisch. Da freie Elektronen, die sich in der Nebelkammer bewegen, eine Bahn haben, wollte man auch an der Bahnvorstellung im Inneren des Atoms festhalten. In großen Abständen vom Atomkern konnte man den Bahnbegriff anwenden. Bei hochangeregten Zuständen näherte sich die Frequenz der ermittelten Strahlung der Bahnfrequenz und ihren harmonischen Oberschwingungen an. Die Versuche der Physiker, die Experimente mit Hilfe klassischer Vorstellungen zu beschreiben, führten zu Widersprüchen. Nach und nach machten sich die Quantenphysiker von klassischen Vorstellungen frei, ohne schon einen direkten Bruch mit ihnen zu vollziehen. Aber bei der Deutung der Experimente gewöhnte man sich immer mehr an neue Beziehungen und Begriffe. Heisen-[263]berg schildert den Prozeß des Umdenkens wie folgt: „Allmählich, im Anfang der zwanziger Jahre, wurden die Physiker mit diesen Schwierigkeiten vertraut. Sie erwarben ein allerdings noch unklares Gefühl darüber, wo die Schwierigkeiten wahrscheinlich auftreten, und lernten, wie man sie vermeiden konnte. Sie wußten schließlich, welche Beschreibung eines Atomvorgangs für ein gegebenes Experiment zu den richtigen Resultaten führen würde. Dieses Wissen genügte nicht, um ein allgemeines widerspruchsfreies Bild der Quantenvorgänge zu gewinnen, aber es veränderte das Denken der Physiker in einer solchen Weise, daß sie irgendwie den Geist der Quantentheorie in sich aufnahmen. Schon einige Zeit, bevor eine präzise Formulierung der Quantentheorie gegeben werden konnte, wußte man schon mehr oder weniger genau, wie das Ergebnis irgendeines Experiments aussehen würde.“[265]

In dieser Zeit vermehrten sich durch die Experimentalforschung immer mehr die Anzeichen eines durchgehend gültigen Wellen-Korpuskel-Dualismus. Genaugenommen war es gar kein Dualismus, sondern die Erkenntnis von den Wellen- und Korpuskeleigenschaften einheitlicher physikalischer Objekte, deren Natur man noch nicht völlig erkannt hatte. Dadurch wurden die Widersprüche zu klassischen Vorstellungen noch deutlicher.

Heisenbergs Gedanke bestand nun, ausgehend von Bohrs Korrespondenzprinzip darin, den Begriff der Elektronenbahnen aufzugeben. Das Korrespondenzprinzip erlaubte bei Elektronenbahnen, die vom Kern entfernt waren, eine Aussage über die Bahn mit Hilfe der Frequenzen und Intensitäten der emittierten Strahlung. Heisenberg ging von den Frequenzen und Intensitäten der emittierten Strahlung der anderen stationären Zustände im Atom aus, die tatsächlich

[265] Ebenda, S. 20 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

meßbar waren, und versuchte, aus ihnen etwas über die Gesetze des Elektronenverhaltens im Atom zu erfahren. Die Bewegungsgleichungen der klassischen Mechanik ersetzte er durch Matrizengleichungen, in denen die Lage und das Bewegungsmoment mit Hilfe der meßbaren Größen erfaßt waren. Dabei ergab sich, daß die Matrizen, die Lage und Bewegungsmoment darstellen, nicht miteinander vertauschbar sind. In diesem mathematischen Sachverhalt drückt sich der Unterschied zwischen klassischer und Quantenmechanik deutlich aus.

Betrachtet man diese Entwicklung der Matrizenmechanik unter allgemeinen erkenntnistheoretischen Gesichtspunkten, dann ergibt sich folgender Erkenntnisprozeß: Zuerst wurden durch die Experimentalforschung Widersprüche der klassischen Theorie mit Experimenten deutlich gemacht. Mit Hilfe Bohrscher Quantenvorstellung gelang es, Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment in einigen Fällen zu erreichen, wobei die Bohrsche [264] Theorie der Newtonschen Mechanik und auch der Elektrodynamik durch die Annahme der Quantenbahnen widersprach. Die für die Bestimmung der Bahn wichtigen Lagen und Geschwindigkeiten konnten bei Elektronen in Kernnähe nicht experimentell bestimmt werden. Mehr noch, die theoretisch bestimmten Bahnfrequenzen und ihre Oberschwingungen stimmten nicht mit den Ergebnissen der Spektroskopie über die Frequenzen der emittierten Strahlung überein.

Die Frage war infolgedessen also, ob man an dem Bahnbegriff festhalten, wobei die Bahn nicht experimentell bestimmbar war, oder eine Aussage über das Elektronenverhalten mit Hilfe der meßbaren Intensitäten und Frequenzen der emittierten Strahlung wagen sollte. Heisenberg entschied sich völlig richtig für den letzteren Weg, der es erlaubte, aus beobachtbaren Reaktionen auf das Verhalten der Elektronen im Kern zu schließen.

Heisenberg meinte zum Übergang von der klassischen zur Matrizenmechanik in einem Vortrag vor der Versammlung der Ärzte und Naturforscher in Düsseldorf im September 1926: „Während also die frühere Theorie den Vorteil der unmittelbaren Anschaulichkeit und des Gebrauches bewährter physikalischer Prinzipien mit dem Nachteil verband, im allgemeinen mit Beziehungen zu rechnen, die prinzipiell nicht prüfbar waren und daher zu inneren Widersprüchen führen konnten, sollte die neue Theorie auf die Anschaulichkeit zunächst ganz verzichten, dafür aber nur ganz konkrete Beziehungen enthalten, die einer unmittelbaren Prüfung zugänglich sind und deswegen kaum in Gefahr innerer Widersprüche kommen.“[266]

Heisenberg setzte also die Gesamtheit der beobachtbaren Strahlungsgrößen, die der klassischen Fourierreihe entsprechen, als Repräsentant des Elektronenortes. Damit hatte seine Vorstellung, daß man die beobachtbaren Größen zur Erkenntnis von Zusammenhängen, die nicht beobachtbar sind, ausnutzen solle, vollen Erfolg. Man muß jedoch gleich hinzufügen, daß es ein Erfolg theoretischer Überlegungen war. Da die Quantenphysiker immer mehr in das Verständnis der experimentellen Situation eingedrungen waren, konnten sie sich Klarheit über die begrenzte Anwendbarkeit des Begriffs Elektronenbahn verschaffen und waren in der Lage, das Verhalten der Elektronen mit Hilfe eines Formalismus zu erfassen, in den beobachtbare Größen eingegeben werden.

Man muß bei der Erkenntnis den Prozeß vom Ergebnis unterscheiden. In dem Prozeß, der zur Aufstellung einer neuen Theorie führt, können sowohl bekannte als auch unbekannte Größen in den theoretischen An-[265]sätzen ausgenutzt werden. Ist jedoch die neue Theorie bereits aufgestellt, existiert ein aus wenigen allgemeinen Prinzipien bestehendes logisches System, aus dem alle Aussagen über einen Erfahrungsbereich abgeleitet werden können, dann müssen die in der Theorie enthaltenen Größen physikalisch gedeutet sein. Nur wenn alle Größen in ihrer Verbindung zur Wirklichkeit untersucht sind, können wir aus der Theorie durch die Eingabe von Bedingungen alle notwendigen Voraussagen für zukünftige Ereignisse erwarten. Dabei zeigte die Quantenmechanik, daß Begriff und Wirklichkeit nicht unmittelbar mitein-

[266] W. Heisenberg, Quantenmechanik. In: „Naturwissenschaften“, Heft 45, S. 990.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

ander verbunden sind. Der Begriff ist nicht einfach der idealisierte wirkliche Zustand. Der Quantenzustand Ψ beispielsweise führt uns erst durch Umrechnung zu meßbaren Wahrscheinlichkeitsaussagen über Ort und Impuls.

Wir haben schon einmal auf die für die Erkenntnis wesentliche Dialektik von Wesen und Erscheinung verwiesen. Die von uns beobachteten objektiven Prozesse, deren verschiedene Parameter wir messen können, sind Erscheinungen, in denen ein Moment des Wesens der Prozesse zum Ausdruck kommt. Gelingt es, dieses Moment mit anderen Momenten aus anderen Erscheinungen so zu verbinden, daß wir eine reproduzierbare Beziehung erhalten, dann haben wir ein Gesetz des Verhaltens physikalischer Objekte gefunden. Wissenschaft besteht eben nicht in der Spekulation über unbeobachtbare Zusammenhänge, sondern in der Aufdeckung gesetzmäßiger Beziehungen zwischen beobachtbaren Zusammenhängen. Hier scheiden sich Positivismus und dialektischer Materialismus. Wer daraus eine Unterschätzung der Theorie ableiten will, bleibt in der positivistischen Ansicht stecken, daß die Entwicklung der Physik allein an die Aufdeckung von Zusammenhängen zwischen beobachtbaren Erscheinungen gebunden wäre. War Heisenbergs Herangehen an die Probleme bei der Entstehung der Quantenmechanik richtig, so kann man doch nicht von vornherein verlangen, daß ein theoretischer Ansatz nur beobachtbare Größe enthalten dürfe. Diese These wird durch die Entwicklung der Physik selbst widerlegt. Wir möchten dazu nur zwei charakteristische Beispiele anführen.

In der Zeit, als Heisenberg mit Hilfe der beobachtbaren Strahlungsgrößen die Matrizenmechanik entwickelte, stellte Schrödinger Überlegungen über eine Verallgemeinerung der Idee de Broglies vom Wellen-Korpuskel-Dualismus an. Er fand durch reines Denken eine mathematisch befriedigende Theorie, die er auf das Elektronenverhalten im Wasserstoffatom anwandte. Sie stimmte aber nicht mit den Experimenten überein, worauf er seine Arbeit einige Monate unterbrach. Später stellte er seine vereinfachte Gleichung auf, die mit den Experimenten übereinstimmte und die er veröffentlichte. Als dann der Spin des Elektrons gefunden wurde, stellte sich völlige Überein-[266]stimmung mit der von Schrödinger zuerst entwickelten relativistischen Gleichung heraus. Hier zeigt sich deutlich die Rolle des theoretischen Denkens. Hätte Schrödinger seine Gleichung, im Vertrauen auf die mathematische Richtigkeit, sofort veröffentlicht, dann wären schon erste Hinweise auf unbekannte Eigenschaften des Elektrons möglich gewesen. Eine solche Vermutung lag aber bei Schrödinger offensichtlich nicht vor. Die Theorie kann bei logischer Strenge Zusammenhänge zeigen, die experimentell noch gar nicht gefunden sind. Als 1928 aus der Diracschen Elektronentheorie die Existenz des Antielektrons, das wir Positron nennen, folgerte, glaubte anfangs keiner an die Existenz dieser neuen Materieart. Selbst Dirac war nicht von der Richtigkeit dieses theoretischen Schlusses überzeugt. Aber 1932 wurde das Positron gefunden.

Beide Beispiele zeigen, wie einseitig und falsch es wäre, wollte man die These, nur beobachtbare Größen in die Theorie einzuführen, als allgemeines Prinzip gelten lassen. Heisenberg benutzte sie in der Auseinandersetzung mit den Widersprüchen der Experimente zur klassischen Physik. Sie half, das klassische Denken aufzulockern und den Quantenvorstellungen zugänglich zu machen. Sie erleichterte das Aufgeben des Bahnbegriffs, der in seiner klassischen Form nicht weiterhalf. Die Erkenntnis vollzieht sich auf verschiedenen Wegen. Einerseits kann man von beobachtbaren Größen ausgehen, um ihren inneren Zusammenhang in der Theorie zu erfassen. Man kann aber auch andererseits, von theoretischen Überlegungen ausgehend, das experimentelle Material sichten. Handelt es sich dabei um eine mathematisch einwandfreie Theorie, so kann darin, auch wenn sie nicht mit der Wirklichkeit übereinstimmt, ein Hinweis auf bisher unbekannte Materieeigenschaften enthalten sein. Unabhängig vom Ausgangspunkt ist das Ziel also immer die von wenigen Grundannahmen ausgehende logisch geschlossene Theorie, die einen großen Kreis von experimentellen Erfahrungen erfaßt, indem sie die Gesetze des Verhaltens der im Experiment erforschten physikalischen Prozesse beschreibt.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Wie der Positivismus versuchte, sich Heisenbergs Gedankengänge zunutze zu machen, wird an einer Diskussion deutlich, die 1930 von Physikern und Philosophen zu Heisenbergs Vortrag über Kausalität und Quantenmechanik geführt wurde. Phillip Frank erklärte dazu: „An den Ausführungen von Heisenberg finde ich folgendes besonders wertvoll: Die Ansicht, daß die Physik sich im letzten Grund nur mit Wahrnehmungen beschäftigen kann, hat man von seiten der Physiker oft für anstößig gehalten und für subjektivistisch erklärt. Nun hat man durch Heisenberg gesehen, daß gerade die moderne Atomphysik und Relativitätstheorie diese Gedanken unterstützt, daß diese Auffassung die einzige ist, die uns heute aus den Widersprüchen [267] herausführen kann.“[267] In diesen Bemerkungen wird die Rolle der Theorie unzulässig eingeschränkt. Zweifellos muß eine theoretische Aussage mit Hilfe von Wahrnehmungen überprüft werden, aber die richtige physikalische Theorie läßt uns gerade den Zusammenhang zwischen verschiedenen Wahrnehmungen verstehen. Auch die Wellenfunktion vermittelt uns den Zusammenhang zwischen Beobachtungen und zukünftigen Ereignissen, wenn auch nur durch statistische Voraussagen. Diese sind nur möglich, weil es uns gelungen ist, in der Wellenfunktion das objektive gesetzmäßige Verhalten physikalischer Prozesse zu erfassen. Deshalb kann man nicht, wie Frank es tat, die Wellenfunktion als fiktives, unbeobachtbares Band zwischen Beobachtungen bezeichnen. Für ihn entsprechen die „Dinge, die aus den Wahrnehmungen konstituiert werden“, „keiner außerhalb der Wahrnehmungen existierenden objektiven Wirklichkeit“.[268] Hier wird das Heisenbergsche Beobachtbarkeitsprinzip direkt in positivistische Gedankengänge einbezogen. Die Theorie ist danach nicht mehr Widerspiegelung der objektiven Realität. Mit dieser Auffassung wird man der wirklichen Rolle der Beobachtung nicht gerecht, da wir durch diese ja gerade auf das Wesen der beobachteten Prozesse durch theoretische Analyse des Beobachteten kommen wollen. Man kann vor allem die große Bedeutung theoretischer Überlegungen, die uns etwas über unsere Experimente aussagen können, nur klären, wenn es einen inneren Zusammenhang zwischen Natur- und Denkgesetzen gibt, der vom Marxismus in der Widerspiegelung gesehen wird. Heisenberg meinte zum Problem der Beobachtung eines objektiven Systems von Elementarobjekten: „Das System hat keine objektive Realität in dem Sinn, daß jeder Beobachter dasselbe sieht, da jeder durch seine Beobachtung das System verändert.“ Auf den Widerspruch von Neumann präzisierte Heisenberg die Aussage: Wenn der erste Beobachter den Ort mißt und der zweite die Geschwindigkeit, dann sehen beide nicht dasselbe.[269] Das bezieht sich auf die Folgerungen aus den Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen. Durch die Ortsmessung des ersten Beobachters wird der Impuls so verändert, daß keine Voraussage für den später zu messenden Impuls möglich ist. Ebenso erhält der Beobachter, der den Impuls mißt, eine völlige Ortsunbestimmtheit. Die zur Darstellung des Sachverhalts gewählte Ausdrucksweise über die Objektivität des Systems ist jedoch einseitig, wie wir schon bei der Darstellung von Heisenbergs Auffassung zur objektiven Realität sahen.

[268] Wir sehen, wie die Diskussion damals wesentlich von positivistischen Gedankengängen beeinflußt war, denen sich Heisenberg nicht entgegenstellte. In späteren Jahren hat er sich jedoch immer deutlicher von positivistischen Konsequenzen seines Beobachtbarkeitsprinzips distanziert. Er drückt die mögliche Kritik der Machschen Philosophie aus, wenn er schreibt: „Unsere Empfindungen sind ja nicht primär Bündel von Farben und Lauten. Was wir empfinden, wird schon als ‚etwas‘ empfunden, als irgendein Ding, und deshalb ist es sehr zweifelhaft, ob man an Verständnis gewinnt, wenn man die Empfindungen an Stelle der Dinge als die letzten Elemente der Wirklichkeit nimmt.“[270]

---

[267] Kausalität und Quantenmechanik. In: Erkenntnis, Bd. II (1931), S. 183.
[268] Ebenda, S. 186.
[269] Ebenda, S. 186 f.
[270] W. Heisenberg, Physik und Philosophie, S. 63.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Heisenberg stößt hier eigentlich auf die philosophische Frage nach den Quellen unseres Wissens, die der dialektische Materialist in der objektiven Realität sieht. Wie wir schon im zweiten Kapitel sahen, geht es Heisenberg aber nicht in erster Linie um die Antwort auf diese Frage, sondern um die bei der Erkenntnis auftauchenden Schwierigkeiten. Dabei kommt er auf die wichtige Feststellung von der Entwicklung unserer Begriffe und unserer Sprache. Wir werden seine Auffassung dazu im nächsten Abschnitt behandeln. Hier interessiert uns zunächst, wie er diese wichtige dialektische Einsicht zur Kritik einiger Thesen des logischen Positivismus benutzt. Er betrachtet die Unterscheidung zwischen sinnlosen und sinnvollen Sätzen und schreibt über die Haltung des logischen Positivismus zu dieser Frage: „Das Vorgehen der exakten Naturwissenschaft wird als eine Verknüpfung von Symbolen mit den beobachteten Erscheinungen aufgefaßt. Die Symbole können wie in der Mathematik nach bestimmten Regeln miteinander verbunden werden, und in dieser Weise können Aussagen über die Erscheinungen ausgedrückt werden durch Verknüpfungen zwischen Symbolen. Eine Verknüpfung von Symbolen aber, die nicht mit den vorausgesetzten Regeln übereinstimmt, ist nicht etwa falsch, sondern sie enthält keinen Sinn.“[271]

Heisenberg vermißt ein allgemeines Kriterium dafür, ob ein Satz als sinnvoll oder sinnlos bezeichnet werden soll. In dem klassischen Begriff der Elektronenbahn sieht er einen Widerspruch zu den modernen Experimenten und ein physikalisches Beispiel für einen in der Quantenmechanik sinnlosen Begriff, wenn man ihn auf das Elektronenverhalten in der Nähe des Kerns anwendet. Man könnte die sinnlose Frage formulieren: „In welcher Bahn bewegt sich das Elektron um den Atomkern?“ Aber die Entscheidung darüber, ob es sich hier um einen sinnlosen Begriff handelt oder nicht, konnte nicht auf Grund eines positivistischen Gedankenschemas gefällt werden, [269] sondern nur durch die Lösung der einzelwissenschaftlichen Problematik. Dabei hatten wir schon gesehen, daß die Antwort auf diese Frage durch Heisenbergs Beobachtbarkeitsprinzip beeinflußt wurde, dessen nur relative Gültigkeit wir nachgewiesen haben. Heisenberg sieht, wie die Entwicklung der Begriffe die Forderung nach völliger logischer Klärung einer Aussage zu jedem Zeitpunkt unmöglich macht. Die logische Klärung einer Aussage ist selbst ein Prozeß, erst im Verlauf der physikalischen Erkenntnis stellt sich die Grenze für die Anwendbarkeit eines Begriffs heraus. Heisenberg meint: „Aber im allgemeinen dürfte das aus der mathematischen Logik entwickelte positivistische Denkschema zu eng sein für eine Naturbeschreibung, die doch genötigt ist, Worte und Begriffe zu gebrauchen, die nur unscharf definiert werden können.“[272] Die Entwicklung der Begriffe zwingt uns manchmal dazu, bisher wohldefinierte Begriffe als in ihrer Gültigkeit begrenzt anzusehen, sie aber trotzdem weiter zu benutzen. Denken wir nur an den Begriff des Atoms. Es bezeichnet das Unteilbare. Seine Entwicklung war mit dem Fortschritt von Chemie und Physik verbunden. Heute wissen wir, daß das Atom teilbar ist. Wir benutzen aber das Wort unteilbar weiter bei der Charakterisierung chemischer Elemente. Deshalb hat Heisenberg recht, wenn er meint, „daß man niemals von vornherein die Grenzen wissen kann, die der Anwendbarkeit bestimmter Begriffe bei der Ausdehnung unseres Wissens gesetzt sind. Besonders dann nicht, wenn dieses Wissen in sehr entlegene Teile der Natur führt, in die wir nur mit den modernsten technischen Hilfsmitteln eindringen können. Daher sind wir in diesem Prozeß des Eindringens gelegentlich gezwungen, unsere Begriffe in einer Weise zu verwenden, die logisch nicht gerechtfertigt werden kann und die gewissermaßen als sinnlos bezeichnet werden muß. Das Beharren auf der Forderung nach völliger logischer Klarheit würde wahrscheinlich die Wissenschaft unmöglich machen. Wir werden hier in der modernen Physik an die alte Erkenntnis erinnert, daß man dann, wenn man darauf besteht, niemals einen Irrtum auszusprechen, eben schweigen muß.“[273]

[271] Ebenda, S. 64.
[272] Ebenda.
[273] Ebenda, S. 65.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Der Erkenntnisprozeß ist komplizierter, als daß er sich einerseits in Heisenbergs Beobachtbarkeitsprinzip fassen ließe oder andererseits nur als logische Klärung von Sätzen im Sinne des Positivismus erklärt werden könnte.

Heisenbergs Kritik am Positivismus ist auch mit einer Abwendung von seinem Beobachtbarkeitsprinzip verbunden. Das wird deutlich, wenn wir seine Bemühungen um eine einheitliche Feldtheorie betrachten. In ihr haben [270] wir eine Reihe von Annahmen, die nicht erwiesen sind. Es ist in diesem Zusammenhang interessant, sich an die Worte Chews zu erinnern, daß er nicht wisse, was ein Feld sei. Hier wenden sich die Vertreter der Theorie der Dispersionsrelationen gegen Heisenbergsche unbewiesene Annahmen, wie die des Feldes. Auch sein entarteter Grundzustand sowie die negativen Wahrscheinlichkeiten sind noch nicht in ihrer physikalischen Bedeutung voll erfaßt. Würde man Heisenbergs Forderung, die er im Beobachtbarkeitsprinzip ausdrückte, auf seine Ansätze zu einer einheitlichen Elementarteilchentheorie anwenden, so wäre der Ansatz physikalisch gar nicht zulässig.

Hier gilt das, was wir schon über die verschiedenen Wege zur Aufstellung einer Theorie sagten. Man sollte nicht von vornherein die Aufnahme nur beobachtbarer Parameter in der Theorie fordern, aber dafür mathematische Exaktheit, die bei Heisenbergs Theorie offensichtlich noch nicht ganz erfüllt ist. Andererseits muß man auch den Weg zur Theorie über die Untersuchung von Zusammenhängen zwischen beobachtbaren Größen offenlassen. Beide Wege der theoretischen Forschung ergänzen sich gegenseitig. Sie sind zwei Seiten des Erkenntnisprozesses, deren gemeinsames Ziel die Schaffung einer Elementarteilchentheorie ist.

Iwanenko bemerkte bei der Besprechung von Heisenbergs Feldtheorie, daß es eine historische Ironie sei, wenn man diese Theorie mit Heisenbergs Forderung von 1925 vergleiche, aus der Theorie nicht beobachtbare Größen prinzipiell zu entfernen.[274] Heisenbergs Forderung hatte historische Bedeutung, konnte jedoch nicht als allgemeines erkenntnistheoretisches Prinzip gelten, weil dadurch die Kompliziertheit der Theorienbildung nicht gesehen worden wäre. Der rationelle Kern von Heisenbergs Prinzip besteht einerseits darin, daß man die Suche nach Zusammenhängen zwischen beobachtbaren Größen als einen Weg der Theorienbildung betrachten kann. Das ist aber nicht der alleinige Weg. Insofern darf man Heisenbergs Prinzip nicht verabsolutieren. Auch muß, nachdem man Zusammenhänge entdeckt hat, eine Theorie entwickelt werden, die diese Zusammenhänge logisch zusammenfaßt. Deshalb bemerkt der sowjetische Physiker I. E. Tamm zur Dispersionstheorie: Ungeachtet der berechtigten Hoffnungen, die mit der Entwicklung dieser Theorie verbunden werden, könne man nicht davon absehen, daß sie sich erst im Anfangsstadium befinde. Sie habe vor allem noch nicht das Wichtigste für eine Theorie getan, denn das System allgemeiner Prinzipien, aus dem eindeutig alle Sätze der Theorie folgen, sei noch nicht gefunden.[275]

[271] Andererseits kann man Heisenbergs Prinzip, wenn man es richtig in seiner relativen Gültigkeit versteht, gegen seine eigene Feldtheorie richten. Jede Theorie, wenn sie nicht aus den experimentellen Ergebnissen selbst aufgebaut ist, muß zu Aussagen führen, die experimentell überprüfbar sind. Ihr Ziel ist es also, Zusammenhänge zwischen beobachtbaren Erscheinungen zu zeigen. So gewinnt das Beobachtbarkeitsprinzip seinen wirklichen Gehalt erst durch ergänzende Aussagen über die Rolle des theoretischen Denkens. Deshalb steht auch die Theorie der Dispersionsrelationen in der Einschätzung durch viele Physiker vor der Heisenbergschen Theorie, da erstere in der Lage ist, wirkliche Voraussagen zu machen. Das Beobachtbarkeitsprinzip macht eine Aussage über das Ziel der Theorie. Sie muß beobachtbare Zusammenhänge voraussagen. Heisenberg selbst verstand es als eine Aussage über den Erkenntnisprozeß, wo es jedoch nur eine Seite theoretischer Arbeit erfaßt und deshalb nur rela-

[274] Nichtlineare Quantentheorie, Moskau 1959, S. 20 (russ.).
[275] Ins Innere des Atoms, S. 29.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

tive Gültigkeit besitzt. Es kann auch an anderen Stellen in der physikalischen Entwicklung, wie bei der Aufstellung der Matrizenmechanik, heuristische Bedeutung haben.

2. Über die Entwicklung einzelwissenschaftlicher und philosophischer Begriffe

Die schon vorher charakterisierte Abwendung Heisenbergs vom Positivismus wird noch deutlicher, wenn wir seine Auffassung zur Entwicklung der Begriffe und zur Bildung von Theorien betrachten. Zum Kantschen Ding an sich schreibt Heisenberg: „Hinsichtlich des ‚Dinges an sich' hatte Kant ausgeführt, daß wir von der Empfindung nicht auf die Natur des ‚Dinges an sich' schließen können. Diese Behauptung hat, wie von Weizsäcker bemerkt hat, ihre formale Analogie in der Tatsache, daß trotz des Gebrauchs der klassischen Begriffe in allen Experimenten ein nichtklassisches Verhalten der atomaren Gegenstände durchaus möglich ist. Für den Atomphysiker ist das ‚Ding an sich', sofern er diesen Begriff überhaupt gebraucht, schließlich eine mathematische Struktur. Aber diese Struktur wird, im Gegensatz zu Kant, indirekt aus der Erfahrung erschlossen. Bei dieser abgeänderten Deutung ist das Kantsche a priori indirekt mit der Erfahrung insofern verknüpft, als es durch die Entwicklung des menschlichen Denkens in einer weit zurückliegenden Vergangenheit gebildet wurde."[276] Mit diesen Worten wird der rationelle Kern der Kantschen Auffassung vom Ding an sich betont. Versucht man es materialistisch zu deuten, dann ist es das hinter den Erschei-[272]nungen liegende Wesen der materiellen Prozesse. Solange unsere physikalischen Begriffe, wie Ort und Impuls, direkt meßbare Größen, die unabhängig voneinander sind, ausdrückten, war das Verhältnis von Wesen und Erscheinung kein echtes Erkenntnisproblem für den Physiker. Als sich jedoch Ort und Impuls nur noch als Matrizen darstellen ließen oder sich als Mittelwerte aus der Schrödinger-Gleichung ergaben, wobei die Operatoren für Ort und Impuls nicht miteinander kommutieren, wurde die Erfassung des Wesens physikalischer Prozesse zum Problem. In der Kopenhagener Deutung versuchte man zuerst den Experimentiergeräten und dem Beobachter zuzuschreiben, welche Natur das physikalische Objekt offenbart. Aber bald stellte sich heraus, daß damit die erkenntnistheoretischen Schwierigkeiten nicht zu beseitigen waren. Offensichtlich mußte man sich mit der Entwicklung der Begriffe und der wissenschaftlichen Sprache befassen, die das Wesen der Prozesse ausdrücken.

Die Experimente der klassischen Physik ließen gleichzeitige Orts- und Impulsbestimmungen zu; daraus wurde der klassische Bahnbegriff abgeleitet. Die Begriffe Ort, Impuls und Bahn waren jedoch nicht geeignet, die Bewegung der Elektronen um den Kern zu erfassen. Man erhielt Aussagen über die Elektronenbewegung durch andere Parameter, wie Frequenzen und Intensitäten, die man messen konnte. Daraus ergab sich in der Matrizen- und Wellenmechanik eine mathematische Struktur, aus der das Verhalten der Objekte statistisch vorhergesagt werden konnte. Man hatte also Beobachtungen analysiert, die Unhaltbarkeit klassischer Vorstellungen erkannt und ein neues mathematisches Begriffsschema entwickelt, das den neuen Erkenntnissen entsprach. Damit war man von den Erscheinungen, den verschiedenen spektroskopischen Messungen durch theoretische Analyse zum Wesen der Elektronenbewegung vorgedrungen. Der dialektische Materialismus betont hier gleich, daß es sich nicht um ein letztes, absolutes Wesen handelt. Die Quantenmechanik erfaßt die Kompliziertheit objektiver Bewegung physikalischer Objekte tiefer als die klassische Mechanik, gilt jedoch auch nur unter bestimmten energetischen Verhältnissen, wobei Art und Zahl der Teilchen erhalten bleiben. Der erkenntnistheoretische Fortschritt, der durch die Quantenmechanik deutlich wurde, war die Erkenntnis, daß man nicht nur die anschaulichen Verhaltensweisen physikalischer Objekte idealisieren muß, um zu einer Theorie zu gelangen, sondern die Beziehungen zwischen verschiedenen experimentellen Ergebnissen, die einander widersprechen, erst herstellen mußte. Es gelang aber, den Zusammenhang zwischen Wellen- und Korpuskeleigen-

[276] W. Heisenberg, Physik und Philosophie, S. 70.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

schaften in der Quantentheorie zu finden. Das Wesen der Prozesse war also nicht aus einem Experiment allein zu erschließen. Es ergab sich ein Zusammenhang zwischen klassischen Begriffen, mit denen wir [273] unsere Beobachtungen beschreiben, und dem spezifischen Verhalten der atomaren Gegenstände. Dieser Zusammenhang wird durch die Theorie vermittelt. Während man von den Erscheinungen zum Wesen der Prozesse in der Theorie kam, liefert die Theorie nun wieder Voraussagen für andere Erscheinungen. Dabei wissen wir, daß die Theorienbildung nicht nur so verlaufen kann. Sie entwickelt sich auch aus mathematischen Überlegungen. Hier ist Heisenbergs Bemerkung zu Kant wesentlich. Die mathematische Struktur ist immer mit der Erfahrung verbunden. Sie wird entweder direkt aus der Erfahrung erschlossen, wie die Heisenbergsche Matrizenmechanik, oder durch theoretische Überlegungen erreicht, wie die Schrödingersche Wellenmechanik, wobei die theoretischen Forderungen stets letztlich aus der menschlichen Erfahrung einmal entstanden sind. Es gibt auch keinen „reinen" Weg nur aus dem Experiment oder nur aus der Theorie zur neuen Theorie. Heisenberg benutzte neben den gemessenen Parametern die bereits entwickelte Matrizentheorie, während Schrödinger von dem Prinzip des durchgängigen Welle-Korpuskel-Dualismus ausging, das von de Broglie aus der Erfahrung verallgemeinert war.

Der Physiker erkennt also das Wesen physikalischer Prozesse durch Analyse der Experimente und durch theoretische Überlegungen. Das Wesen wird in der mathematischen Struktur erfaßt, die aus der Erfahrung erschlossen wurde und uns nun wiederum Aussagen gestattet, die mit Hilfe der Erfahrung überprüft werden können. Dabei muß die Kompliziertheit dieses Erkenntnisprozesses betont werden, in dem theoretische Untersuchungen relativ unabhängig von der Erfahrung vor sich gehen können. Die Wechselwirkung Erfahrung, Experiment und Theorie ist nicht ständig vorhanden; aber sie muß immer wieder hergestellt werden, weil die Theorie uns zum Erfassen wirklicher Zusammenhänge dient.

Eine große Rolle für die Theorienbildung spielt dabei die Abstraktion, mit deren Bedeutung sich Heisenberg in einem besonderen Vortrag befaßt. Er stellt dort die Entwicklung der Wissenschaft zu immer abstrakteren Theorien heraus, die mit immer größerer praktischer Bedeutung der Wissenschaft verbunden ist. Die Wissenschaft steigt zu immer abstrakteren Stufen auf, was nicht nur für die Physik, sondern auch für andere Wissenschaften gilt. Über die Abstraktion sagt Heisenberg: „Abstraktion bezeichnet die Möglichkeit, einen Gegenstand oder eine Gruppe von Gegenständen unter einem Gesichtspunkt unter Absehen von allen anderen Gegenstandseigenschaften zu betrachten. Das Herausheben eines Merkmals, das in diesem Zusammenhang als besonders wichtig betrachtet wird, gegenüber allen anderen Eigenschaften macht das Wesen der Abstraktion aus. Alle Begriffsbildung beruht, [274] wie man leicht einsieht, auf diesem Prozeß der Abstraktion. Denn Begriffsbildung setzt voraus, daß man Gleichartiges erkennen kann. Da völlige Gleichheit aber in den Erscheinungen praktisch nie vorkommt, entsteht die Gleichartigkeit nur durch den Vorgang der Abstraktion, durch das Herausheben eines Merkmals unter Weglassung aller anderen."[277] Die Abstraktion hilft uns durch die Hervorhebung bestimmter Merkmale und Beziehungen, die für mehrere Erscheinungen charakteristischen Gemeinsamkeiten zu erfassen. Da wir dabei von vielen anderen Merkmalen absehen, die sich später als wesentlich herausstellen können, haben wir eine ständige Entwicklung unseres Begriffssystems zu berücksichtigen. Die erkannten Beziehungen gelten nur unter bestimmten Bedingungen, die wir in der Definition des Begriffs festhalten müssen. Aber das gelingt uns nicht immer, da wir die Grenzen für die Anwendbarkeit von Begriffen erst erkennen müssen.

[277] W. Heisenberg, Die Abstraktion in der modernen Naturwissenschaft. In: „Wissenschaft und Fortschritt", 3/1964, S. 100. Auf die Gefahren, die mit der Abstraktion für die Entwicklung der Wissenschaft verbunden sind, geht Heisenberg in seinem Vortrag „Das Naturbild Goethes und die technisch-naturwissenschaftliche Welt" ein, den er am 21.5.1967 in Weimar hielt. Er stellt die Frage, ob die durch Abstraktion gewonnene Erkenntnis wertvoll sei. Das führt uns zum Verhältnis von Mensch und Wissenschaft, von Wahrheit und Wert wissenschaftlicher Theorien. Vgl. dazu H. Hörz, Mensch und Wissenschaft. In: „Deutsche Zeitschrift für Philosophie", 6/1967.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Heisenberg benutzt als Beispiel für eine wichtige Abstraktion den Zahlbegriff: „Das Aufspüren gemeinsamer Züge kann unter Umständen ein Erkenntnisakt von größter Bedeutung sein. Die Bildung des Zahlbegriffs ist bereits ein entscheidender Schritt aus dem Bereich der uns unmittelbar sinnlich gegebenen Welt heraus und in ein Gewebe rational erfaßbarer gedanklicher Strukturen hinein. Vom Standpunkt der heutigen Mathematik aus ist allerdings die einzelne Zahl weniger wichtig als die Grundoperation des Zählens. Es ist diese Operation, die die nicht abbrechende Reihe der natürlichen Zahlen entstehen läßt und mit ihr schon implizite alle die Sachverhalte hervorbringt, die etwa in der Zahlentheorie studiert werden. Mit dem Zählen ist offenbar ein entscheidender Schritt in die Abstraktion getan, mit ihm kann der Weg in die Mathematik und in die mathematische Naturwissenschaft betreten werden.“[278] Hier wird die Bedeutung der Operation für die rationale Erkenntnis deutlich. Es geht uns nicht nur um die im Begriff idealisierte Wirklichkeit, sondern vor allem um den Zusammenhang der Begriffe in der Theorie, der uns die objektiven Zusammenhänge im System erfassen läßt. Das kann noch ergänzt werden. Wir brauchen vor allem Begriffe, die eine Vielzahl von Beziehungen umfassen und geeignet sind, die [275] komplizierte Wirklichkeit theoretisch zu begreifen. Denken wir nur an die Entwicklung des Begriffs „physikalischer Zustand“ in seiner konkreten physikalisch-mathematischen Form. Vom klassischen Zustand, der durch das gleichzeitige Vorhandensein von Ort und Impuls charakterisiert ist, wobei beide nicht gegenseitig voneinander abhängig sind, kommen wir zum Quantenzustand. Dieser bringt die Abhängigkeit verschiedener Parameter zum Ausdruck, die sich gegenseitig bedingen und beschränken. Der nun in Heisenbergs Feldoperator ausgedrückte Zustand der Urmaterie soll so viele Beziehungen enthalten, daß die Vielfalt der Elementarteilchen aus ihnen gewonnen werden kann.

Die Begriffe werden allgemeiner, umfassender. Wovon abstrahiert wird, muß mit Hilfe mathematischer Methoden wieder aus den Begriffen abgeleitet werden können. Das macht die Vermittlung zwischen den in der Theorie auftauchenden allgemeinsten Größen und den Experimenten durch mathematische Operationen immer komplizierter. Wie wir schon vorher gesehen haben, wird nicht mehr das isolierte Objekt betrachtet und dann die Beziehung des Objekts zu anderen Objekten untersucht, sondern es wird versucht, die Objekte aus dem Beziehungsgefüge heraus zu erklären. Das kommt den objektiven Wechselwirkungen der Objekte auch mehr entgegen. Dadurch verändert sich aber auch unser Begriffsgefüge. Wir weben sozusagen an einem Netz, dessen Knotenpunkte die Begriffe und dessen Fäden die Beziehungen sind. Je feinmaschiger unser Netz ist, desto besser erfassen wir die Wirklichkeit. Dabei wird oft das Netz hergestellt, noch bevor es auf die Wirklichkeit angewandt wird. Jedoch erst die Benutzung unseres Begriffsnetzes gibt uns Auskunft darüber, ob es fein genug ist. Entschlüpfen uns wesentliche Beziehungen – das macht sich in Widersprüchen zwischen Theorie und Experiment bemerkbar –, dann muß unser logisches Begriffssystem mit seinen Beziehungen verfeinert werden.

Gerade die Abstraktion, die erst nur Idealisierung eines Objekts und seines Zustands war, läßt in einem späteren Entwicklungsstadium Begriffe entstehen, die nun ein eigenes Leben führen und nur noch hin und wieder in ihren Folgerungen an der Wirklichkeit überprüft werden. Dabei hilft die Betrachtung der Begriffe und ihrer Beziehungen, um im genannten Bild zu bleiben, das Netz zu verfeinern und die Wirklichkeit besser zu erfassen. Heisenberg hebt die selbständige Rolle der Begriffsentwicklung hervor, wenn er schreibt: „Die Begriffe, die zunächst durch Abstraktion aus einzelnen Sachverhalten oder Erfahrungskomplexen gebildet werden, gewinnen ein eigenes Leben. Sie erweisen sich als viel reichhaltiger und fruchtbarer, als man ihnen zunächst ansehen kann. Sie zeigen in der späteren Entwicklung eine selb-[276]ständig ordnende Kraft, indem sie zur Bildung neuer Formen und Begriffe Anlaß geben, Erkenntnisse über deren Zusammenhang vermitteln und sich auch bei dem Versuch, die Welt der Erschei-

[278] Ebenda.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

nungen zu verstehen, in irgendeinem Sinne bewähren.“[279] Die relativ selbständige Begriffsentwicklung läßt jedoch Heisenberg über der Mathematik nicht die Wirklichkeit vergessen. Er betont die Objektivität der Mathematik, indem er sie auch für eventuell auf anderen Planeten lebende Wesen als anwendbar betrachtet: „Wenn die Mathematik als Aussage über das menschliche Denken gelten soll, dann also jedenfalls: über das Denken an sich, nicht nur das menschliche Denken. Sofern es überhaupt Denken gibt, muß die Mathematik in ihm die gleiche sein. Man kann diese Feststellung mit einer anderen, naturwissenschaftlichen Feststellung vergleichen. Auf den anderen Planeten oder weiter entfernt liegenden Weltkörpern gelten sicher genau die gleichen Naturgesetze wie bei uns. Das ist nicht nur eine theoretische Vermutung, vielmehr können wir in unseren Fernrohren sehen, daß es dort die gleichen chemischen Elemente gibt wie bei uns, daß sie die gleichen chemischen Verbindungen eingehen und Licht von der gleichen spektralen Zusammensetzung aussenden.“[280]

Diese Objektivität der Mathematik und der Naturwissenschaften kann man nur erklären, wenn man der Wissenschaft Widerspiegelungscharakter zuerkennt. Wir sind in der Lage, mit unseren mathematischen und physikalischen Begriffen und Beziehungen die objektiven Beziehungen zu erfassen. Dabei können verschiedene Begriffssysteme entwickelt werden, die sich als äquivalent erweisen können. Die Gültigkeit der erkannten Gesetze hat also ihren Grund in der Existenz objektiver Gesetze, die überall wirken. Die Einheit der Welt erlaubt uns, zu einer allgemeinen Theorie überzugehen, die die Materie nie absolut erfassen, aber immer mehr Erscheinungen in ihrem Wesen zusammenfassen kann, ohne dabei die objektive qualitative Verschiedenheit zu vernachlässigen.

Heisenberg betont die Rolle des theoretischen Denkens, aber vor allem auch die enge Verbindung zwischen den Begriffen und der Wirklichkeit. Er schreibt: „Alle die Begriffe und Worte, die sich in der Vergangenheit durch das Wechselspiel zwischen der Welt und uns selbst gebildet haben, sind hinsichtlich ihrer Bedeutung nicht wirklich scharf definiert. Damit ist gemeint: Wir wissen nicht genau, wieweit sie uns dazu helfen können, unseren Weg durch die Welt zu finden. Oft wissen wir, daß sie in einem sehr weiten Bereich innerer und äußerer Erfahrungen angewendet werden können, aber wir wissen niemals ganz genau, wo die Grenzen ihrer Anwendbarkeit liegen. [277] Dies gilt selbst bei den einfachsten und allgemeinsten Begriffen wie Existenz oder Raum und Zeit. Daher wird es niemals möglich sein, durch rationales Denken allein zu einer absoluten Wahrheit zu kommen.“[281] Schon bei seiner Kritik der vom Positivismus vorgeschlagenen logischen Analyse der Sätze als Hauptaufgabe der Erkenntnistheorie benutzte er die Entwicklung der Begriffe als Argument. Unsere Begriffe sind nicht starr auf einen Bereich anwendbar. Die von ihnen ausgedrückten Beziehungen können durch die Erkenntnis auf weitere oder engere Bereiche angewandt werden. Denken wir nur an die Quantenvorstellung, die Einstein zur Deutung des Photoeffekts benutzte und die von de Broglie zu einem allgemeinen Prinzip erweitert wurde, nach dem der Dualismus allgemein gültig ist. Andererseits entwickelt sich die Theorie, indem sie allgemeingültige Vorstellungen einschränkt. So wurde die Konstanz der Masse durch die Relativitätstheorie als Grenzfall der sich in Abhängigkeit von der Bewegung verändernden Masse erkannt. Die euklidische Geometrie gilt nur unter bestimmten Bedingungen für die Bewegung physikalischer Körper. Der Begriff der Elektronenbahn gilt nur für hohe Energieniveaus im Atom. Solche Beispiele könnte man beliebig viele nennen. Es ist bereits ein Fortschritt in der Erkenntnis, wenn man die Anwendbarkeitsgrenzen eines Begriffes feststellt. Für die Weiterentwicklung der Theorie haben deshalb auch vor allem solche Ideen Bedeutung, die die Grenzen von bisher allgemein anerkannten Begriffsbildungen zeigen. Das war so bei der Raum-Zeit-Auffassung, bei der Über-

[279] Ebenda, S. 100 f.
[280] Ebenda, S. 101.
[281] W. Heisenberg, Physik und Philosophie, S. 71.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

windung des klassischen Determinismus in der Physik usw. Auch bei der Entwicklung einer Elementarteilchentheorie werden wieder Begriffe geändert werden müssen, die heute noch als unveränderlich und allgemein gültig hoch im Kurs stehen. So kann der Erfolg der Theorie der Dispersionsrelationen entgegen der Heisenbergschen Auffassung die Begrenztheit von Vorstellungen der gegenwärtigen Quantentheorie über die Beschreibung der Erscheinungen mit Hilfe der Wellenfunktionen und Operatoren nachweisen. Ebenso kann auch das punktförmige Teilchen durch einen Koordinatenoperator ersetzt werden.

Die Entwicklung unserer Begriffe muß der wirklichen Kompliziertheit immer besser Rechnung tragen, während die Erkenntnis zugleich immer mit Idealisierungen und Abstraktionen verbunden ist und damit von bestimmten Beziehungen absieht, die sich später wieder als wesentlich erweisen können. Das bleibt ein ewiger Widerspruch in jeder neuen Theorie. Diese erfaßt die Wirklichkeit besser und umfassender als die vorhergehende Theorie, trägt aber mit ihrer Begriffsbildung zugleich schon wieder den Keim der Ein-[278]schränkung in sich. Auch sie hat ihre Gültigkeitsgrenzen. Die relative Lösung des Widerspruchs ist der Aufbau einer neuen Theorie, die die Schranken alter Begriffsbildungen zeigt, aber an ihre Stelle neue Begriffe setzt, die wieder nur begrenzt die Wirklichkeit erfassen. Jedoch ist diese Begrenzung dann noch nicht erkannt. Mit jeder neuen Begriffsbildung ist der genannte Widerspruch schon wieder gesetzt.

Wichtig für die wissenschaftliche Erkenntnis ist die scharfe Definition der Begriffe in einer Theorie im Hinblick auf ihren Zusammenhang. So muß jede Theorie in sich geschlossen sein, indem aus wenigen Grundvorstellungen, die mit der Erfahrung übereinstimmen, alle Sätze der Theorie abgeleitet werden können, ohne weitere zusätzliche Annahmen. Das ist ebenfalls ein Ideal, das nicht immer voll zu verwirklichen ist. Die Forderung danach hat jedoch große heuristische Bedeutung, weil die bei genauer Analyse des Begriffszusammenhangs auftauchenden Widersprüche Anregungen zur weiteren Forschung bieten. Am Beispiel der Theorie der Dispersionsrelation verweist I. E. Tamm auf die erkenntnisfördernde Rolle von Widersprüchen zwischen der Theorie und den experimentellen Ergebnissen. So wurden 1962 und 1963 Voraussagen der Theorie bei der Streuung von Protonen unter kleinen Winkeln bestätigt; danach ergab sich jedoch in anderen Prozessen, so bei der Streuung von π-Mesonen an Atomen, die Nichtbestätigung der Voraussagen. Solche Widersprüche können nach Tamm einen fruchtbaren Einfluß auf die Theorienbildung haben.[282] Sie sind Hinweise auf die Grenzen für die Anwendbarkeit von Begriffen. Der Aufbau eines logisch geschlossenen Systems allein reicht nicht aus, die entwickelte Theorie muß immer auf ihre Beziehungen zur Wirklichkeit hin untersucht werden. Dabei treten dann die erwähnten Schwierigkeiten auf, weil die Theorie immer idealisiert. Diese Idealisierungen haben volle Berechtigung im Rahmen der entsprechenden Bedingungen. So kann man vom gleichzeitigen Vorhandensein von Ort und Impuls bei Körpern mit großer Masse und kleinen Geschwindigkeiten gegenüber der Lichtgeschwindigkeit sprechen. Man kann es aber nicht mehr bei den Quantenobjekten. Die Gültigkeit unserer Idealisierungen, die wir in Begriffen zum Ausdruck bringen, erlaubt uns, sie streng in einem bestimmten System zu definieren. Das drückt auch Heisenberg aus: „Die Begriffe können allerdings scharf definiert werden im Hinblick auf ihre Verknüpfung. Tatsächlich geschieht dies, wenn die Begriffe ein Teil eines Systems von Axiomen und Definitionen werden, die man widerspruchsfrei in einem mathematischen Schema ausdrücken kann. Solch eine Gruppe von untereinander verbundenen Begriffen kann möglicherweise auf ein weites Feld von Erfah-[279]rungen angewendet werden und hilft uns dann, unseren Weg durch dieses Feld zu finden. Aber die Grenzen ihrer Anwendbarkeit werden im allgemeinen nicht genau oder nicht vollständig bekannt sein.“[283]

[282] Vgl. I. E. Tamm, Elementarteilchen, a. a. O., S. 28.
[283] W. Heisenberg, Physik und Philosophie, S. 71.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Der Erkenntnisprozeß liefert uns richtige Erkenntnisse über ein relativ stabiles System von Beziehungen physikalischer Objekte. Entsprechend der von uns im vorigen Kapitel gestellten Frage, ob es Gesetze für die Auflösung der Systeme, für ihren Übergang in andere Systeme gibt, kann man hier eine ähnliche Frage stellen: Welche Beziehungen existieren zwischen einer umfassenderen und einer weniger umfassenden Theorie? Diese Frage kann man immer dann beantworten, wenn man die umfassendere Theorie besitzt.

So war es zum Beispiel möglich, die klassische Mechanik als Grenzfall der Quantenmechanik zu bestimmen, nachdem diese entwickelt war. Die Schwierigkeit, die erkenntnistheoretisch weiter untersucht werden müßte, ist jedoch das Entstehen einer neuen Theorie aus einer alten. Genaugenommen entsteht sie aus den Widersprüchen der alten Theorie mit der Wirklichkeit und aus den in ihr enthaltenen Widersprüchen, falls es sich nicht um eine abgeschlossene Theorie handelt. Bisherige theoretische Umwälzungen liefern noch verhältnismäßig wenig Material, um diese Frage exakt beantworten zu können. Bisher existieren einige heuristische Prinzipien, die man ausnutzen kann. Dazu gehört vor allem, daß eine umfassendere Theorie die bisher bekannten und überprüften Beziehungen im Grenzfall enthalten muß. Das nutzten Bohr und Heisenberg bei der Aufstellung der Quantenmechanik aus, indem sie die Beziehung zwischen Bahn und Frequenzen im höheren Niveau als Grenzfall in die Theorie aufnahmen.

Weitere heuristische Prinzipien sind die Beseitigung verletzter Symmetrien, der Versuch, tieferliegende Strukturen theoretisch zu erfassen, die Einheit von getrennten Bereichen nachzuweisen und einfache Grundbeziehungen zu finden. Dabei arbeitet man mit Analogien, um die bisher bekannten Gesetze auszunutzen. Denken wir an die Kernmodelle, wo z. B. beim Schalenmodell des Kerns am Schalenmodell des Atoms angeknüpft wird.

Aber diese verschiedenen Prinzipien müßten in ihrem inneren Zusammenhang weiter analysiert werden, um eine erkenntnistheoretisch befriedigende Antwort auf die Frage nach der Entstehung einer Theorie geben zu können. Heisenberg sieht nur die ständig notwendige Kritik von bisher benutzten Begriffen. Dabei tritt ihm jedoch schon die Tatsache entgegen, daß bestimmte Begriffe eine längere Lebensdauer als andere besitzen. Er schreibt: „Selbst wenn man sich darüber klar ist, daß die Bedeutung eines Begriffes niemals mit absoluter Genauigkeit festgelegt werden kann, so bilden doch einige Be-[280]griffe einen integrierenden Bestandteil unserer wissenschaftlichen Methoden, da sie wenigstens für die gegenwärtige Zeit das Endresultat einer Entwicklung des menschlichen Denkens in der Vergangenheit bilden, und zwar in einer sehr weit zurückliegenden Vergangenheit. Möglicherweise sind sie uns schon durch unsere Vorfahren vererbt, und jedenfalls sind sie die unentbehrlichen Werkzeuge für jede wissenschaftliche Arbeit in unserer Zeit. In diesem Sinne kann man sie praktisch a priori nennen; aber vielleicht werden in der Zukunft weitere Begrenzungen für ihre Anwendung gefunden werden.“[284]

Unter solchen, integrierende Bestandteile jeder wissenschaftlichen Arbeit bildenden und in diesem Sinne praktisch a priori zu nennenden Begriffen wurden wir den Leninschen Materiebegriff, die Einheit von Materie und Bewegung, von Struktur und Prozeß, den dialektischen Determinismus usw. verstehen. Wir haben uns dabei bewußt auf philosophische Begriffe und Beziehungen beschränkt. Auch im Verhältnis von philosophischen und physikalischen Begriffen finden wir ein kontinuierliches Moment, das den Wechsel der Begriffe verbindet. Wir wollen das erläutern, indem wir uns mit Heisenbergs Auffassung zum Verhältnis von länger gültigen und kurzlebigen Begriffen befassen.

Heisenberg betont die Bedeutung der Sprache. Sie ist notwendig, um Erfahrungen zu vermitteln. Neben der Umgangssprache bildete sich die wissenschaftliche Sprache als Ergänzung heraus. Sie entwickelte neue Begriffe und präzisierte Begriffe aus der Umgangssprache, wie Energie, Entropie, Elektrizität. Im Laufe der Entwicklung entstanden neue Begriffe – so der

[284] Ebenda.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

des Feldes –, die zu einer Änderung wissenschaftlicher Grundvorstellungen führten. Man ging über von der Fernwirkung zur Nahwirkung. Heisenberg schreibt: „Trotzdem bildeten alle die Begriffe, die bis zum Ende des vergangenen Jahrhunderts in die Physik eingeführt worden waren, ein in sich geschlossenes System, das auf ein weites Feld von Experimenten angewendet werden konnte, und bildeten zusammen mit den früheren Begriffen eine Sprache, die nicht nur von den Wissenschaftlern, sondern auch von den Technikern und Ingenieuren mit Erfolg bei ihrer Arbeit angewendet werden konnte. Zu den grundlegenden Vorstellungen dieser Sprache gehörten die Annahmen, daß die Reihenfolge von Vorgängen in der Zeit völlig unabhängig sei von ihrer Anordnung im Raum, daß die euklidische Geometrie im wirklichen Raum gelte und daß die Vorgänge in Raum und Zeit geschehen, unabhängig davon, ob sie beobachtet werden oder nicht. Es wurde natürlich nicht bestritten, daß jede Beobachtung einen gewissen Einfluß auf die Erscheinung ausübt, die beobachtet werden soll, aber es wurde allgemein [281] angenommen, daß man durch eine hinreichend vorsichtige Ausführung der Experimente diesen Einfluß schließlich beliebig klein machen könnte. Dies erschien in der Tat als eine notwendige Bedingung für die Verwirklichung des Ideals von Objektivität, das als die Grundlage für alle Naturwissenschaft galt.“[285]

Heisenberg behandelt hier das Problem, daß sich die wissenschaftliche Sprache der klassischen Physik mit weltanschaulichen Ansichten des mechanischen Materialismus über die Passivität des menschlichen Subjekts im Erkenntnisprozeß verbindet. Die Folgezeit erwies die Änderung der Raum-Zeit-Auffassung und die aktive Veränderung des Objekts bei der Beobachtung. Aber damit entsteht auch die Frage nach der Veränderung der Sprache. Heisenberg meint zum Problem der Sprache: „Wir wollen in irgendeiner Weise über die Struktur eines Atoms sprechen und nicht etwa nur über die Tatsachen – zu denen etwa schwarze Punkte auf einer photographischen Platte oder Wassertröpfchen in einer Nebelkammer gehören. Aber wir können in der gewöhnlichen Sprache nicht über die Atome selbst reden. Die Analyse kann nun in zwei ganz entgegengesetzten Richtungen fortgesetzt werden. Man kann entweder fragen, welche Sprechweise über die Atome sich in den dreißig Jahren seit der Formulierung der Quantenmechanik tatsächlich unter den Physikern eingebürgert hat. Oder man kann die Versuche zur Definition einer präzisen wissenschaftlichen Sprache beschreiben, die dem mathematischen Schema der Quantentheorie entspricht.“[286]

Der erste von Heisenberg vorgeschlagene Weg bezieht sich letzten Endes auf die von der Kopenhagener Deutung der Quantentheorie gegebene philosophische Analyse der neuen Ergebnisse. Ihr besonderer Ausdruck ist die Komplementaritätsthese, die als Annäherung an die Erkenntnis der objektiven Dialektik physikalischen Verhaltens das Verständnis der neuen Situation erleichtert. Man darf also nicht nur die Entwicklung der einzelwissenschaftlichen Begriffe verfolgen, die durch den Aufbau einer neuen Theorie erzwungen wird, sondern muß auch die Einordnung der alten Begriffssysteme in das allgemeine Weltbild kritisch überprüfen. Das ist notwendig, um die Philosophie entsprechend dem neuen Tatsachenmaterial weiterzuentwickeln. Die mit der Entwicklung der modernen Physik auftretenden erkenntnistheoretischen Schwierigkeiten hatten mehrere Ursachen. Die dialektisch-materialistische Theorie war nicht bekannt, was vor allem gesellschaftliche Ursachen hatte. Dadurch konnten die auf ihrer Grundlage schon möglichen neuen Denkweisen über das Verhältnis von relativer und absoluter Wahr-[282]heit, über den Leninschen Materiebegriff und den dialektischen Determinismus nicht wirksam werden. Man stritt miteinander über das Verhältnis von Notwendigkeit und Zufall, was schon in der klassischen Physik eine Rolle spielte, wie über das Verhältnis von dynamischen und statistischen Gesetzen, das erst in der Quantenmechanik wesentlich geworden ist.

[285] Ebenda, S. 145.
[286] Ebenda, S. 150.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Darüber hinaus legten in der Auseinandersetzung mit der Kopenhagener Deutung der Quantentheorie manche marxistischen Wissenschaftler zuwenig Wert auf die Hervorhebung der neuen Ideen. Sie kritisierten vor allem die mit ihnen verbundenen Verabsolutierungen. Für die sachliche philosophische Analyse ist es notwendig, verschiedene Seiten in der Entwicklung der neuen philosophischen Ideen auseinanderzuhalten Die marxistische Philosophie gab schon im vergangenen Jahrhundert eine Kritik des mechanischen Materialismus, die auf der Grundlage des bis dahin bekannten einzelwissenschaftlichen Materials erfolgte. Die dabei entwikkelte dialektische Denkweise erklärte den Zusammenhang zwischen qualitativ verschiedenen Erscheinungen, die Durchsetzung der Notwendigkeiten im Zufall, die Existenz objektiver dialektischer Widersprüche usw. Lenin ergänzte dies durch die Untersuchung des Erkenntnisprozesses. Dadurch war für den dialektischen Materialismus die durch die Quantenmechanik entstandene neue begriffliche Situation nicht völlig unvereinbar mit seinen philosophischen Thesen. Für den Physiker, der im wesentlichen am mechanischen Materialismus festgehalten und die bereits erfolgte Umwandlung in der Philosophie nicht beachtet hatte, war der Zusammenbruch alter Ideen vollständig. Er mußte eine neue Denkweise erlernen. Dabei halfen die dialektischen Materialisten in den dreißiger bis fünfziger Jahren nur ungenügend. Ihre Aufgabe wäre es vor allem gewesen, die Bedeutung bereits entwickelter philosophischer Ideen und mehr noch die Entwicklung dialektisch-materialistischer Ansichten und die notwendige Präzisierung philosophischer Begriffe mit Hilfe der neuen Erkenntnisse zu zeigen. Hier wäre das Moment der Kontinuität und Diskontinuität im Erkenntnisprozeß deutlich geworden. Wir wollen das nur an einem Beispiel andeuten, das wir im dritten Kapitel unter anderem Aspekt erläutert haben, nämlich am Beispiel des Verhältnisses von Notwendigkeit und Zufall. Die von Engels bereits im vergangenen Jahrhundert in die philosophische Theorie einbezogene Existenz des objektiven Zufalls gilt auch weiterhin. Jedoch war der Physiker noch der Meinung, man könne den Zufall völlig in die Notwendigkeit auflösen. Durch die statistische Deutung der Quantenmechanik wurde ihm jedoch mit dem Verhältnis von dynamischen und statistischen Gesetzen auch die Dialektik von Notwendigkeit und Zufall deutlich. Damit erkannte er eine sowohl in der klassischen als auch in der modernen Physik erfaßte Dialektik. Die Problematik wird nur dadurch kom-[283]pliziert, daß sich diese Dialektik auch erweitert. In den klassischen Gesetzen war die notwendige Verwirklichung einer Möglichkeit für das Verhalten des Objekts festgehalten, wogegen im statistischen Gesetz der Quantenmechanik eine gesetzmäßig verbundene Reihe von Möglichkeiten enthalten ist, von denen das Objekt eine zufällig verwirklicht. Die Dialektik von Notwendigkeit und Zufall wurde besser erkannt. Sie stellt einerseits eine kontinuierliche, in klassischer und moderner Physik geltende Erkenntnis dar. Andererseits wurde sie erweitert und präzisiert und damit auch diskontinuierlich verändert.

Der zweite von Heisenberg erwähnte Weg, mit den begrifflichen Schwierigkeiten fertig zu werden, besteht in der Forderung nach einer präzisen wissenschaftlichen Sprache. Es gibt dazu Versuche von Neumann, Birkhoff, Weizsäcker u. a. Heisenberg hat sich selbst nicht speziell mit diesen Problemen befaßt. Zweifellos hat die Entwicklung von Logiken, die der immer komplizierter werdenden begrifflichen Situation in den Wissenschaften gerecht werden, große Bedeutung. Es handelt sich um die Aufdeckung logischer Kriterien für die Entwicklung neuer Theorien im Sinne der von uns geschilderten heuristischen Prinzipien, die man logisch exakt fassen müßte. Aber auch die Beziehung der Begriffe innerhalb der Theorie, die Logik wissenschaftlichen Denkens müßte untersucht werden. Dazu gibt es bereits einige Arbeiten. Wir wollen das Problem hier nur erwähnen, ohne es weiter zu behandeln.[287] Heisenberg meint die mit der Entwicklung der Logik verbundenen Schwierigkeiten umgehen zu können. Als Aus-

[287] Wer sich mit diesen Problemen näher befassen will, dem seien die Arbeiten in dem sowjetischen Sammelband „Probleme der Logik der wissenschaftlichen Erkenntnis“, Moskau 1964 (russ.) empfohlen. Dort sind viele Anregungen zum Nachdenken über das Verhältnis von mathematischer und dialektischer Logik enthalten. Außerdem geben die Literaturhinweise weitere Quellen zum Studium an.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

weg bietet er an: „Alle diese schwierigen Definitionen und Unterscheidungen können vermieden werden, wenn man die Sprache auf die Beschreibung von Tatsachen, d. h. in unserem Fall von experimentellen Resultaten beschränkt. Wenn man aber über die atomaren Teilchen selbst sprechen will, so muß man entweder das mathematische Schema allein als Ergänzung zu der gewöhnlichen Sprache benützen, oder man muß es kombinieren mit einer Sprache, die sich einer abgeänderten Logik oder überhaupt keiner wohldefinierten Logik bedient.“[288]

Hier taucht wieder das Verhältnis von Wesen und Erscheinung von einer anderen Seite her auf. Der Vorschlag Heisenbergs ginge auf die Beschreibung der Erscheinungen mit Hilfe der klassischen Begriffe aus, was uns [284] sicher nicht weiterführen würde. Das Wesen der Prozesse werde in dem mathematischen Schema ausgedrückt, das man nach Heisenberg als Ergänzung zur gewöhnlichen Sprache benutzen solle. Nun sind aber nicht für jeden die Einzelheiten des physikalischen Verhaltens, wie es in der mathematischen Gleichung erfaßt wird, interessant. Wohl aber möchte er etwas über die Bedeutung der neuen Begriffsbildungen für die Weltanschauung erfahren. Hier unterschätzt Heisenberg die Rolle einer wissenschaftlich-philosophischen Sprache, wenn er nur eine Sprache mit abgeänderter Logik oder gar keiner Logik zulassen will. Die marxistische Philosophie ist an die Gültigkeit der zweiwertigen Logik gebunden, aber sie erfaßt in ihrem Rahmen auch objektive Zusammenhänge, die einander widersprechen.[289] Mit Hilfe einer solchen philosophischen Sprache ist es möglich, die Bedeutung der neuen physikalischen Ideen zu erfassen. Dazu ist vor allem die dialektische Deutung des objektiven Sachverhalts erforderlich. Die komplizierte Struktur der objektiven Realität verlangte die Untersuchung des Verhältnisses von Möglichkeit – Zufall – Wirklichkeit. Die moderne Physik erweitert auch unser allgemeines Bild von der Materiestruktur durch neue Elemente der Wirklichkeitsauffassung in der Quanten- und Elementarteilchentheorie. Das Verständnis dieser objektiven Situation wird durch die marxistische Philosophie erleichtert. Die Philosophie muß aber auch die Widerspiegelung der objektiven Situation im Denken untersuchen. Dabei kommt der Mathematik große Bedeutung zu. Die Philosophie zeigt uns hier, wie der Erkenntnisprozeß komplizierter geworden ist. Experiment und Theorie können sich zeitweilig unabhängig voneinander entwickeln. Sie werden durch Modelle und Hypothesen miteinander verbunden. Es treten komplizierte Begriffsbildungen auf, deren physikalischer Gehalt erst erforscht werden muß.

Heisenberg hat die ganze Vielschichtigkeit des Erkenntnisprozesses und vor allem die Rolle der Philosophie nicht voll mit seinen Gedanken ausgedrückt. Die komplizierte Struktur der Wirklichkeit wird sowohl in einzelwissenschaftlicher als auch in philosophischer Sprache erfaßt. Beide dürfen [285] sich nicht entgegenstehen, sondern müssen sich gegenseitig ergänzen. Dabei ist es wichtig, auch die durch die Entwicklung der Physik notwendige Veränderung philosophischer Standpunkte zu berücksichtigen. Der philosophische Begriff wird durch Präzisierung geändert. Seine Anwendung auf eine Einzelwissenschaft verlangt Konkretisierungen, die sich durch die Entwicklung als überholt erweisen können. Auch die theoretische Beschreibung neuer Experimente in der Physik ist mit philosophischen Standpunkten verbunden. Wir haben gesehen, wie der Gedanke von der Einheit der Welt auf verschiedene Weise physikalisch realisiert werden kann. Philosophische und physikalische Begriffsbildung

[288] W. Heisenberg, Physik und Philosophie, S. 156.

[289] Hier handelt es sich um keinen logischen, sondern um objektive dialektische Widersprüche. Wir haben dieses Problem an anderer Stelle ausführlich dargestellt. Vgl. H. Hörz, Atome, Kausalität, Quantensprünge, S. 172 ff. Dort geht es um die Widerspiegelung objektiver Widersprüche im Denken. Dabei gibt es bereits interessante Ansätze zur Entwicklung logischer Verfahren, die den komplizierten Erkenntnisprozeß besser erfassen als die klassische Logik. In dieser werden Aussagen als absolut wahr oder absolut falsch angesehen. Dafür gilt die zweiwertige Logik, und in diesem Sinne ist auch die marxistische Philosophie von ihr abhängig. Es gilt jedoch, auch relative Wahrheiten, Hypothesen usw. logisch zu erfassen. Vgl. dazu A. A. Sinowjew, Grundlagen einer logischen Theorie der wissenschaftlichen Kenntnisse, Moskau 1967 (russ.).

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

allein charakterisieren den Erkenntnisprozeß noch nicht. Es bedarf auch der aus der mathematischen Grundlagenforschung hervorgehenden logischen Systeme zur Widerspiegelung physikalischen Objektverhaltens in der Theorie.

Heisenberg kommt durch die Unterschätzung einer philosophisch-wissenschaftlichen Sprache zu einer nicht ganz haltbaren Unterscheidung von Begriffen. Die Begriffe der gewöhnlichen Sprache sind nach ihm stabil, weil sie nicht wohldefiniert sind, während wissenschaftliche Begriffe in einem System definiert, aber dadurch gegen die Entwicklung anfällig sind, da sie Idealisierungen darstellen. Heisenberg schreibt: „Wenn man an diese in ihrem Wesen begründete Stabilität der Begriffe der gewöhnlichen Sprache im Prozeß der wissenschaftlichen Entwicklung denkt, so erkennt man, daß auf Grund der Erfahrungen der modernen Physik unsere Haltung gegenüber solchen allgemeinen Begriffen wie Geist, menschliche Seele, Leben, Gott verschieden sein muß von jener des 19. Jh., da diese Begriffe eben zur natürlichen Sprache gehören und deshalb mit der Wirklichkeit unmittelbar verbunden sind. Allerdings müssen wir uns auch darüber klar sein, daß diese Begriffe nicht im wissenschaftlichen Sinne wohldefiniert sein können und daß ihre Anwendung zu mancherlei inneren Widersprüchen führen wird. Trotzdem müssen wir diese Begriffe einstweilen so nehmen, wie sie sind, unanalysiert und ohne präzise Definition. Denn wir wissen, daß sie die Wirklichkeit berühren.“[290]

Heisenberg übt richtige Kritik an dem starren klassischen Begriffsschema und sieht auch, wie sich bestimmte Begriffe trotz vieler Umwälzungen erhalten. Er erkennt jedoch nicht den in den erwähnten Begriffen widergespiegelten Sachverhalt. Das Wort Gott hat eine große Wandlung durchgemacht und ist als Bezeichnung eines Schöpferwesens historisch entstanden, wie es wieder verschwinden wird. Die Begriffe Geist, Leben, Seele drücken dagegen bleibende Erscheinungen aus, die zwar weiter erforscht werden müssen und [286] insofern präzisiert werden, aber nicht verschwinden. Mit Geist, besser Bewußtsein, erfassen wir die Fähigkeit des Menschen zur Widerspiegelung der objektiven Realität. Der Begriff Leben charakterisiert die neue Qualität der Lebensvorgänge gegenüber anorganischen Prozessen. Die menschliche Seele kann man besser als das psychische Verhalten der Menschen fassen. Dabei geht es bei diesen Begriffen gerade auch um eine exakte Erforschung des in ihnen ausgedrückten Inhalts. Heisenbergs Beispiele sind nicht gerade gut gewählt, um den Unterschied zwischen länger und kürzer geltenden Begriffen auszudrücken. Das zeigt das Wort Gott, dessen Benutzung vor allem gesellschaftliche und erst in zweiter Linie erkenntnistheoretische Ursachen hat.

Es ist eine längere Lebensdauer philosophischer Begriffe möglich. Das ergibt sich aus den in ihnen ausgedrückten allgemeinsten Merkmalen. Denken wir hier nur an den Materiebegriff, der alle zukünftigen Forschungsergebnisse in sich aufnehmen kann, da er keine konkrete Aussage über die Struktur der Materie enthält. Aber die Präzisierung philosophischer Begriffe ist möglich und notwendig. Dadurch werden sie anfällig gegenüber der Entwicklung des einzelwissenschaftlichen Denkens. Sie sind von größerer Allgemeinheit als einzelwissenschaftliche Begriffe, umfassen dadurch aber weniger Merkmale, können also durch eine Vielzahl verschiedener Konkretisierungen der allgemeinen Merkmale erfüllt werden. So bieten die Theorien der modernen Physik auch nur eine von vielen konkreten Belegungen philosophischer Begriffe. Wichtig ist vor allem, daß keine Widersprüche zwischen philosophischen und physikalischen Begriffen auftreten. Wo sie auftreten, sind sie zu beseitigen, was wiederum heuristische Bedeutung für Philosophie und Physik haben kann. Heisenberg betrachtet die für den Erkenntnisprozeß wesentlichen philosophischen Hypothesen überhaupt nicht.[291]

Einzelwissenschaftliche Begriffe sind in ihrer Gültigkeit begrenzt, weil sie idealisieren, aber die Idealisierung unter bestimmten Bedingungen erfolgt, deren Veränderung die Aufhebung

[290] W. Heisenberg, Physik und Philosophie, S. 168 f.

[291] Vgl. dazu: H. Hörz, Philosophische Hypothesen und moderne Physik. In: Sonderheft der „Deutschen Zeitschrift für Philosophie“; „Die marxistisch-leninistische Philosophie und die technische Revolution“, Berlin 1965.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

der Idealisierung und neue Begriffsbildung verlangt. Die Wechselwirkung zwischen beiden Begriffsarten wird durch die Verallgemeinerung der einzelwissenschaftlichen Begriffe über die philosophischen Hypothesen, und durch die Präzisierung und Konkretisierung philosophischer Begriffe, ebenfalls über philosophische Hypothesen, vermittelt. Die Erkenntnis ist nur durch einzelwissenschaftliche Begriffsbildung möglich. Sie erfolgt auf der Grundlage einer Weltanschauung, deren philosophische Begriffe auch einer Entwicklung unterliegen.

[287] Heisenbergs Analyse von Sprache und Denken in Naturwissenschaft und Philosophie führt uns zu vielen interessanten erkenntnistheoretischen und methodologischen Problemen, die ihrer Lösung harren. Dazu rechnen wir vor allem auch den notwendigen Beitrag der marxistischen Philosophie zu einer Wissenschaftstheorie. Heisenbergs Auffassungen haben sich gewandelt. Sie gingen von der Überschätzung des Beobachtbarkeitsprinzips, die mit der Anerkennung der Rolle der Mathematik verbunden war, über eine Kritik des Positivismus bis zur Analyse der Abstraktion und der Veränderung der Begriffe. Vor allem hebt er heute die Rolle schöpferischen Denkens für die mögliche Aufstellung einer einheitlichen Elementarteilchentheorie hervor. [288]

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

VI. WELTANSCHAUUNG UND POLITIK

Die heftige Auseinandersetzung, die von physikalischer und philosophischer Seite über mehrere Jahrzehnte um die philosophische Deutung der Quantentheorie geführt wurde, zeigt den tiefgreifenden Wandel philosophischer Ansichten vieler Physiker. Es handelte sich um einen Bruch mit allgemein anerkannten weltanschaulichen Ansichten, mit der klassischen Materie- und Strukturauffassung, mit dem mechanischen Determinismus usw. Sicher wurde der Wandel philosophischer Grundthesen durch die von dialektischen Materialisten geführte Polemik gegen Idealismus und Positivismus besonders deutlich. Aber die Auseinandersetzung vollzog sich nicht zwischen dialektischen Materialisten und anderen philosophischen Richtungen. Es gab Auseinandersetzungen zwischen der Kopenhagener Deutung und der Gruppe um Planck und Einstein, und die kritischen Realisten stritten mit den Positivisten.

Das Wesen der philosophischen Polemik war das Ringen um das Verständnis der neuerkannten Materieeigenschaften. Es war der Übergang von der mechanisch-materialistischen zur dialektisch-materialistischen Denkweise, der sich auf vielen Umwegen vollzog und auch heute noch nicht abgeschlossen ist. Dieser Prozeß vollzieht sich auf Grund der engen Verknüpfung von Weltanschauung und Politik nicht nur als einfache Erkenntnis der allgemeinen Beziehungen und Gesetze, die in der Natur wirken. Wenn das der Fall wäre, würde der dialektische Materialismus schnell Anhänger gewinnen. Der Übergang zur dialektisch-materialistischen Interpretation physikalischer Erkenntnisse wird durch die politisch-ideologischen Auseinandersetzungen überdeckt. Die Rolle des dialektischen Materialismus als theoretischer Grundlage des wissenschaftlichen Sozialismus führt zu Vorbehalten von Naturwissenschaftlern aus den kapitalistischen Ländern gegenüber der dialektisch-materialistischen Theorie. Die philosophische Interpretation naturwissenschaftlicher Ergebnisse wird, wie Heisenberg bemerkt, mit politischen Streitfragen verbunden, was der Polemik besondere Heftigkeit verleiht.[292] Es ist m. E. notwendig, hier zwei Diskussionsebenen zu unterscheiden: Einmal geht es um philosophische Probleme der Naturwissenschaft, die sachlich diskutiert werden sollten. Philosophischer Streit muß der Entwicklung der Philosophie helfen. Man darf dabei die Achtung vor dem Vertreter anderer weltanschaulicher Positionen nicht verlieren, soweit er auf humanistischem Boden steht. Hier liegt aber auch allgemein die Grenze für die Achtung anderer Standpunkte oder für ihre Verurteilung. Mit den weltanschaulichen Ver-[289]teidigern des Atomkrieges, der Barbarei und der Menschenverachtung gibt es keine gemeinsamen Standpunkte. Hier müssen sich alle Humanisten zum schonungslosen Kampf gegen die philosophischen und politischen Theorien und Aktionen vereinen, die gegen die Menschlichkeit gerichtet sind, wie es die Vorbereitung eines neuen Weltkrieges ist.

Heisenberg hatte sich in verschiedenen Etappen seines Lebens mit antihumanen Forderungen an die Wissenschaft von seiten politischer Machthaber auseinanderzusetzen. Das trifft auf seine Arbeit im faschistischen Deutschland und auf seine Unterschrift unter den Appell der Göttinger Achtzehn zu. Nicht immer hat er dabei konsequent vorher gefaßte Entscheidungen durchgehalten. So hatte er versichert, zu emigrieren, wenn es nicht gelänge, den Nazismus von den Hochschulen fernzuhalten, es aber nicht getan. Nazistische Hochschullehrer wurden eingesetzt. Die wissenschaftsfeindliche „Deutsche Physik“ wurde entwickelt. Namen wie Einstein u. a. waren verpönt aus rassenpolitischen Erwägungen. Viele humanistisch gesinnte Physiker emigrierten aus Protest gegen den Faschismus. Heisenberg war argen Anpöbeleien ausgesetzt. Er hatte es sich nicht nehmen lassen, über die Bedeutung der Relativitätstheorie zu sprechen und den Namen Einstein zu erwähnen. Dazu schrieb dann ein Oberstudienrat Dr. Rooskothen 1934 an Rosenberg: „Wenn es schon ein Skandal ist, daß der amerikanische Jude Michelson und der niederträchtige Jude Einstein von den rassenverräterischen Schweden den Nobelpreis erhielten, so ist es noch weniger zu verstehen, wenn ein deutscher Hochschulprofessor, der schon auf Grund seiner Lehrtätigkeit der nationalsozialistischen Bewegung anzu-

[292] W. Heisenberg, Physik und Philosophie, S. 133.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

gehören hat, für diesen Verbrecher eintritt wie Herr Heisenberg. Gehört ein solcher Mann auf den Lehrstuhl einer deutschen Hochschule? Nach meiner Ansicht sollte man ihm Gelegenheit geben, sich einmal gründlich mit den Lehren der Juden von der Sorte Einstein und Michelson zu befassen. Das Konzentrationslager ist zweifellos der geeignete Platz für Herrn Heisenberg ... Auch dürfte eine Anklage wegen Volks- und Rassenverrats fällig sein.“[293]

Die Antwort Rosenbergs auf diesen Brief macht die wissenschaftsfeindliche Haltung der nazistischen Führer deutlich, zeigt aber auch ihre Abhängigkeit in bestimmten Fragen von der öffentlichen Meinung in dieser Zeit. Rosenberg erwiderte: „Der Reichsleiter der NSDAP läßt Ihnen erwidern, daß er grundsätzlich Ihre Auffassung teilt. Er hat Veranlassung genommen, den Professor Heisenberg auf das Verwerfliche seiner Rede [290] hinzuweisen, und ihm in Form eines Verweises nahegelegt, Bemerkungen dieser Art, die als Kränkung der Bewegung angesehen werden müssen, zu unterlassen. Bedauerlicherweise ist es mit Rücksicht auf das Ausland nicht möglich, dem Professor Heisenberg eine schärfere Zurechtweisung zu erteilen, oder ihn, wie das wohl wünschenswert wäre, zu maßregeln.“[294]

Man könnte die Frage stellen, warum später, als die Nazibarbarei ihren Höhepunkt erreichte, auch keine anderen Maßnahmen ergriffen wurden. Unabhängig davon, ob Heisenberg persönliche Unterstützung fand oder nicht, die faschistischen Machthaber waren an seiner wissenschaftlichen Leistung interessiert. Sie wollten sie für ihren barbarischen Krieg ausnutzen. Über Heisenbergs Anteil an der Entwicklung der Atombombe haben wir schon gesprochen. Hier interessiert uns, wie Heisenberg durch die Wissenschaftsfeindlichkeit der faschistischen Weltanschauung, die mit ihren totalen Machtansprüchen, ihrer menschenfeindlichen Rassentheorie und ihrer grenzenlosen verbunden war, selbst immer wieder persönlichen Angriffen ausgesetzt war. In einem Artikel, der am 15. Juli 1937 im Schwarzen Korps erschien, wurde Heisenbergs Verteidigung der Relativitätstheorie zum Anlaß genommen, um seine wissenschaftlichen Leistungen herabzusetzen. Wie wenig die Verfasser dieses Artikels von der Wissenschaft verstanden, über die sie schrieben, wird dadurch deutlich, daß man Heisenberg vorwarf: Als er Professor wurde, wäre er so jung gewesen, daß er kaum wissenschaftliche Forschungen betrieben haben könnte. Immerhin wurde er 1928 Professor, als er die Quantenmechanik mitbegründet und die Unbestimmtheitsrelationen schon gefunden hatte. Man warf ihm vor, er hätte sich mit Juden und Ausländern umgeben. Das, was der Entwicklung der Wissenschaft förderlich ist, der Gedankenaustausch mit Gelehrten aus anderen Ländern, diese auch die Freundschaft zwischen den Völkern fördernde Funktion der Wissenschaft, paßte den damaligen Machthabern nicht. Man nahm deshalb auch noch einmal zu einem anderen für die Faschisten mißliebigen Vorfall Stellung. 1934 hatte Heisenberg es abgelehnt, einen Aufruf der deutschen Nobelpreisträger, in dem sie sich zu Hitler bekannten, zu unterzeichnen. Er begründete seine Ablehnung damit, daß er politische Kundgebungen von Wissenschaftlern nicht für richtig halte. Persönlich habe er keine Einwände, schrieb er dazu. Diese Formulierung mag aus der Überlegung geboren worden sein, keine Schwierigkeiten mit der politischen Führung Nazideutschlands zu bekommen, die sich nachteilig auf das persönliche Leben und die wissenschaftliche Forschung Heisenbergs ausgewirkt hätten. Hier wird deutlich, welchen Gewissenskonflikten ein humanistischer Wissenschaftler im [291] Faschismus ausgesetzt war. Auch diese Formulierung schützte ihn nicht vor den Angriffen. Im genannten Artikel wurde Heisenberg als einer der „Statthalter des Judentums im deutschen Geistesleben“ bezeichnet, „die ebenso verschwinden müssen wie die Juden selbst“.[295]

---

[293] Zitiert bei W. Haberditzl, Der Widerstand deutscher Naturwissenschaftler gegen die „Deutsche Physik“ und andere faschistische Zerrbilder der Wissenschaft. In: „Naturwissenschaft, Tradition, Fortschritt – Beiheft zur Zeitschrift NTM“, Berlin 1963, S. 323.

[294] Ebenda.

[295] Das Dritte Reich und seine Denker, Berlin 1959, S. 307 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Zweifellos wäre Heisenberg durch Emigration aus dem faschistischen Deutschland vielen persönlichen Angriffen zu seiner Haltung aus dem Wege gegangen. Er hätte sich dann in einer Reihe mit solchen hervorragenden Wissenschaftlern wie seinen Lehrern Max Born und Niels Bohr befunden. Diese Entscheidung hat er nicht getroffen. Er nahm die Angriffe nicht ernst, betrachtete sie nicht als ein allgemeines Zeichen des Antihumanismus. Born und andere Physiker, die Heisenberg kannten, bedauerten, daß er im faschistischen Deutschland blieb. Aber er hatte die Möglichkeit, seine wissenschaftliche Arbeit fortzusetzen. Die Angriffe gegen ihn unterblieben zwar nie ganz, hatten aber keine großen Wirkungen. So kam es leider zu keinem offenen Bruch Heisenbergs mit dem faschistischen Regime in Deutschland.

Sehen wir einmal davon ab, so muß man seinen Mut bewundern, mit dem er auch im faschistischen Deutschland seine Überzeugung von der Bedeutung der Einsteinschen Ideen in der modernen Physik vertrat. Man kann aus solchen Vorkommnissen nur den Schluß ziehen, daß der Wissenschaftler seinen Humanismus stets aktiv verteidigen muß, auch gegen alle Eingriffe reaktionärer politischer Mächte. Heisenberg hat später die Gefahr für die Menschheit erkannt, die durch die Entwicklung der Atombombe entstanden war. Ihm blieb es erspart, sein Verbleiben in Deutschland mit den Vorwürfen an sein Gewissen ergänzen zu müssen, selbst die Atombombe mitentwickelt zu haben. Aber die Entwicklung von Wissenschaft und Politik erzwang die Schlußfolgerung, daß jeder Wissenschaftler für die Ausnutzung seiner Forschungsergebnisse mit verantwortlich ist. Diese Lehre hat auch Heisenberg gezogen, als er mit anderen Physikern den Göttinger Appell unterzeichnete.

Es war vor allem die mit der Atomenergie verbundene wissenschaftliche Forschungsarbeit, die Heisenberg mit dem Verhältnis von Weltanschauung und Politik konfrontierte. Während der Zeit des Faschismus war es die Aufgabe, einen hochexplosiven Sprengstoff herzustellen. Heisenberg hat später dazu Stellung genommen, warum im faschistischen Deutschland die Atombombe nicht gebaut wurde. Er hob in seinem 1946 veröffentlichten Artikel die bereits geschilderten Schwierigkeiten hervor, außerdem erwähnte er die „psychologischen Voraussetzungen bei der Führung“, die nur wissenschaftliche Vorhaben förderte, wenn sie einen schnellen Kriegseinsatz versprachen. [292] Heisenberg verwies auch auf die Tatsache, daß die Fachleute nicht versucht haben, einen großen Industrieeinsatz für die Herstellung von Atombomben zu erwirken.[296] Man kann die persönliche Haltung jedes Wissenschaftlers noch so verschieden einschätzen, die Bombe wurde in Deutschland nicht gebaut. Viel wichtiger ist deshalb vom heutigen Standpunkt aus, welche Lehren die Physiker gezogen haben, die damals nicht emigrierten und im passiven Widerstand verharrten. Am 12. April 1957 veröffentlichten die 18 Göttinger Atomwissenschaftler, unter ihnen Heisenberg, ihre Erklärung, in der sie auf die Verantwortung der Wissenschaftler für die möglichen Folgen ihrer Tätigkeit verwiesen und es ablehnten, sich an der „Herstellung, der Erprobung oder dem Einsatz von Atomwaffen in irgendeiner Weise zu beteiligen“. Sie erklärten ihre Bereitschaft, an der friedlichen Verwendung der Atomenergie wie bisher mitzuarbeiten.[297]

Heisenberg vertritt die vernünftige Forderung der Mehrheit der Wissenschaftler, für den Frieden einzutreten, um die Entwicklung der Wissenschaft zu garantieren; die Freundschaft zwischen den Völkern auszubauen, um auch den für die Wissenschaft notwendigen Gedankenaustausch zu fördern. Er sieht den Prozeß der „Vereinheitlichung auch im Offenerwerden unserer gegenwärtigen Welt“. Ohne die gegenwirkenden Tendenzen von ihrer Klassenposition her klar bestimmen zu können, betrachtet er das allgemeine Machtstreben als Hinderungsgrund für die Beseitigung politischer Spannungen. Er bestimmt die Aufgabe der Physik in diesem

[296] W. Heisenberg. Über die Arbeiten zur technischen Ausnutzung der Atomenergie in Deutschland. In „Die Naturwissenschaften“, 33 (1946), S. 329.

[297] Abgedruckt in: C. F. v. Weizsäcker, Die Verantwortung der Wissenschaft im Atomzeitalter, Göttingen 1957, S. 50 ff.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Prozeß der Vereinheitlichung, d. h. der Beseitigung von Spannungen wie folgt: „Sie mag an zwei sehr entscheidenden Punkten dazu helfen, die Entwicklung in ruhigere Bahnen zu leiten. Denn erstens zeigt sie, daß der Gebrauch der Waffen in diesem Prozeß die entsetzlichsten Folgen hätte, und zweitens erweckt sie durch ihre Offenheit für viele Arten des Denkens die Hoffnung, daß in jenem Endzustand viele verschiedene kulturelle Traditionen, neue und alte, zusammenleben, daß sehr verschiedenartige menschliche Bestrebungen zusammenwirken können, um ein neues Gleichgewicht zwischen Denken und Handeln, zwischen Aktivität und Meditation herzustellen.“[298] Werten wir diese Feststellung als Ausdruck des Wunsches, als Wissenschaftler mit den Kollegen verschiedener weltanschaulicher Positionen zusammen arbeiten und den Menschen die Gefahren eines Krieges erläutern zu können, dann ist sie zugleich Bestandteil der Forderung nach friedlicher Koexistenz der ver-[293]schiedenen sozialökonomischen Systeme. Friedlicher Wettbewerb zwischen Staaten mit verschiedener Gesellschaftsordnung ermöglicht die Entwicklung der Wissenschaft, des Meinungsstreits und der Freundschaft zwischen den Fachkollegen aus allen Ländern. Er schafft auch die Voraussetzung für die Erfüllung der von Heisenberg an die Physik gestellten Forderungen. Ohne den Frieden sind auch weltanschauliche Auseinandersetzungen auf sachlicher Grundlage durch den Streit mit Argumenten nicht möglich. Deshalb müssen sich Wissenschaftler und Angehörige aller sozialen Schichten, Kommunisten wie Demokraten und alle Humanisten bereit finden, aktiv für die Erhaltung des Friedens einzutreten.

Ohne uns weiter mit der politischen Haltung Heisenbergs befassen zu wollen, was weitere Detailbetrachtungen erfordern würde, die über den Rahmen unseres Buches hinausgingen, wollen wir aber doch hervorheben, wie die weltanschauliche Haltung des Wissenschaftlers maßgeblich von den politischen Umständen beeinflußt wird. Es gibt keine Wissenschaft im luftleeren Raum. Wissenschaftliches Denken ist stets mehr oder weniger mit den politischen Verhältnissen verknüpft. Es gibt jedoch über Ländergrenzen und Weltanschauungen hinaus ein gemeinsames Ziel der großen Masse der Wissenschaftler: die Wissenschaft im Frieden gedeihen zu lassen, Freundschaft zwischen den Völkern zu fördern und die Achtung vor dem Standpunkt des anderen zu bewahren. Genauso muß es aber auch die Pflicht des Wissenschaftlers sein, sich für die Verwendung seiner wissenschaftlichen Ergebnisse verantwortlich zu fühlen und die politischen Voraussetzungen für Frieden und Freundschaft zu schaffen, wenn notwendig, auch durch den politischen Kampf gegen Menschenfeindlichkeit und Kriegsstreben.

Sicher aus seinen eigenen Erfahrungen heraus diskutiert Heisenberg das für die Weltanschauung der Menschen wichtige Verhältnis von Überlegung und Entscheidung: „Es ist zwar richtig, daß eine auf rein rationalen Argumenten beruhende sorgfältige Überlegung uns vor vielen Irrtümern und Gefahren bewahren kann, da sie uns erlaubt, uns neuen Gegebenheiten anzupassen, und das mag eine notwendige Voraussetzung für das Leben sein. “[299] Gerade für die Entscheidungen im Leben ist eine Kenntnis der gesellschaftlichen Entwicklungstendenzen wesentlich. Wer die gesellschaftlichen Kräfte nicht kennt, den Charakter der Epoche, in der er lebt, nicht richtig bestimmen kann, wird in seinen gesellschaftlichen Entscheidungen Fehler machen. Die von Heisenberg geforderte Entscheidung des einzelnen, die er über die Verwendung seiner Forschungsergebnisse treffen muß, verlangt von ihm Kenntnis der Entwicklungsgesetze der Gesellschaft. Sicher hatte Heisen-[294]berg noch 1933 gehofft, die Hochschulen vom nazistischen Ungeist frei zu halten. Er mußte sich eines Besseren belehren lassen. Er zog jedoch daraus für spätere Überlegungen richtige Schlußfolgerungen. Aus den eigenen Erfahrungen war die Entscheidung diktiert, im Namen der Menschlichkeit gegen den Bau der Atombombe in der Bundesrepublik zu sprechen. Heisenberg verweist auf die komplizierte Beziehung zwischen Überlegung und Entscheidung: „Aber wenn man an die Erfahrungen in

[298] W. Heisenberg, Physik und Philosophie, S. 174.
[299] Ebenda, S. 172 f.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

der modernen Physik denkt, so ist es doch auch leicht zu sehen, daß es immer eine prinzipielle Komplementarität zwischen Überlegung und Entscheidung geben muß. In den praktischen Entscheidungen des Lebens wird es kaum jemals möglich sein, alle Argumente für und wider einen möglichen Entschluß zu durchdenken, und man wird daher immer auf Grund unzureichender Kenntnisse handeln müssen. Die Entscheidung wird schließlich gefällt, indem man alle Argumente beiseite schiebt – solche, die man durchdacht hat, und andere, die vielleicht durch weitere Überlegung noch hinzukommen könnten – und alles weitere Erwägen einfach abschneidet. Die Entscheidung mag das Ergebnis der Überlegung sein, aber sie beendet gleichzeitig die Überlegung, sie schließt die Überlegung aus.“[300] Entscheidungen haben neben der eigenen Überlegung viele Ursachen: Sie beruhen auch auf den Erfahrungen anderer, auf möglichem äußerem Druck. Jede Überlegung muß mit mehreren unbekannten Faktoren rechnen, die die Auswirkung der Entscheidung betreffen. Hier tritt die Frage auf, inwieweit wissenschaftliche Voraussagen möglich sind und wie deren Kenntnis dann persönliche Entscheidungen beeinflußt. Die Entscheidung ist der Abschluß der Überlegung, oft getroffen, ohne alle überlegenswerten Faktoren überhaupt zu kennen. Heisenberg spricht dabei von einem Element der Irrationalität. Er meint: „Selbst die wichtigsten Entscheidungen im Leben müssen immer dieses unvermeidliche Element von Irrationalität enthalten. Die Entscheidung selbst ist notwendig, da es etwas geben muß, worauf wir uns verlassen können, einen Grundsatz, der unsere Hand-[295]lungen leitet. Ohne einen solchen festen Standpunkt würden unsere eigenen Handlungen alle Kraft verlieren. Deshalb gehört es wohl zum menschlichen Leben, daß in irrationaler Weise eine wirkliche oder scheinbare Wahrheit oder oft eine Mischung von beiden die Lebensgrundlage bildet. Diese Tatsache muß für uns einerseits der Anlaß sein, die Lebensgrundlage einer Gemeinschaft vor allem nach der ethischen Haltung zu bewerten, in der sie sich manifestiert, und muß uns andererseits bereit machen, auch die Lebensgrundlagen anderer Gemeinschaften zu respektieren, die von der unsrigen weit verschieden sind.“[301] Um dieses Element der Irrationalität immer mehr auszuschalten, braucht man immer größeres Wissen, ohne je auf der Grundlage vollständiger Kenntnis entscheiden zu können. Aber die Maßstäbe, die Grundlage der Entscheidung sind oder an denen der Wert der Entscheidung gemessen wird, müssen selbst wieder in Abhängigkeit von der Antwort auf die Fragen beurteilt werden: Sind es ethische Sätze, moralische Normen, die das friedliche Zusammenleben der Menschen verlangen? Wird ein menschliches Zusammenleben garantiert? Kann man den gesellschaftlichen Fortschritt damit garantieren? So gibt es für alle Lebensgemeinschaften, von denen Heisenberg spricht, allgemeingültige Normen, die Humanismus und Menschenfeindlichkeit trennen. Auch innerhalb des auf humanistischen Grundsätzen aufgebauten Zusammenlebens kann es zwischen verschiedenen Gemeinschaften weltanschauliche Differenzen geben: Hier plädieren wir für Heisenbergs Forderung, die Lebensgrundlagen anderer Gemeinschaften zu respektieren.

Auch das von Heisenberg genannte Verhältnis von Überlegung und Entscheidung wird weltanschaulich verschieden betrachtet. Mag der Christ seine Entscheidungen sich von der Religion diktieren lassen, wenn er ihr zutiefst humanistisches Anliegen berücksichtigt. In Heisenbergs Äußerungen ist ein echtes Problem des Verhältnisses von Glauben und Wissen ent-

[300] Ebenda, S. 173. Dabei ist für die Entscheidung nicht nur die rationale Analyse maßgebend. Viele Faktoren wirken hier determinierend. Das mag Heisenberg zu der Bemerkung veranlaßt haben: „Wir werden von Goethe auch heute noch lernen können, daß wir nicht zugunsten des einen Dogmas, der rationalen Analyse, alle anderen verkümmern lassen dürfen; daß es vielmehr darauf ankommt, mit allen Organen, die uns gegeben sind, die Wirklichkeit zu ergreifen und sich darauf zu verlassen, daß diese Wirklichkeit dann auch das Wesentliche, das ‚Eine, Gute, Wahre‘ spiegelt. Hoffen wir, daß dies der Zukunft besser gelingt, als es unserer Zeit, als es meiner Generation gelungen ist.“ (Süddeutsche Zeitung“ vom 23.5.1967, S. 12). Die Untersuchung der Faktoren, die das Erkennen und Handeln bestimmen, bleibt eine wichtige Aufgabe der marxistischen Philosophie, die bisher nur ungenügend gelöst ist.

[301] Ebenda.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

halten, das die Handlungen der Menschen betrifft. Die Aufgabe einer wissenschaftlichen Weltanschauung besteht gerade darin, das Wissen zu erweitern, auf dem der Glaube beruht. Hier geht es nicht um den religiösen Glauben, sondern um den Glauben an die Richtigkeit einer Entscheidung oder einer aus wissenschaftlichen Erwägungen hieraus aufgestellten Hypothese. Der Glaube an die Richtigkeit unserer Überlegungen bringt uns dazu, mit aller Kraft die Entscheidung im Handeln durchzusetzen. Das hat auch große Bedeutung für die Entwicklung der Wissenschaft. Hypothesen sind die auf wissenschaftlicher Erkenntnis beruhenden Vermutungen über objektive Zusammenhänge, die unsere Handlungen bestimmen. Ohne den auf Wissen beruhenden Glau-[296]ben an die Richtigkeit der Hypothese wird der Versuch, sie zu beweisen, nur unzureichend sein. Dabei wird bei Heisenberg die Rolle der wissenschaftlichen Weltanschauung nicht deutlich. Man kann das Problem, inwieweit wissenschaftliche Voraussagen möglich sind, nur lösen, wenn man das Verhältnis von Gesetz und wesentlichen Bedingungen betrachtet, unter dem sich notwendig und zufällig bestimmte Möglichkeiten verwirklichen. Die theoretische Lösung des Problems verlangt, den objektiven Zufall und die existierende Freiheit des Menschen zu berücksichtigen. Erst dadurch kann man das Verhältnis von Wissen und Glauben auf einer höheren Stufe behandeln. Hier handelt es sich nicht um den Glauben an absolute Wahrheiten. Der Glaube kann durch die Erfahrung bestätigt oder widerlegt werden. Falsche Entscheidungen kann man deshalb korrigieren und aus Fehlern lernen, indem man den Glauben ständig neu auf Grund der Erfahrungen überprüft. Der Glaube ist dem Menschen nicht a priori, vor jeder Erfahrung eingegeben. Er entspringt aus dem bisherigen Wissen, wird als Hypothese formuliert und wirkt als Glaube an die Richtigkeit dieser Hypothesen. Der Glaube überbrückt also die Lücken in unserer Überlegung. Der auf einer wissenschaftlichen Weltanschauung beruhende Glaube wird dabei nicht zum Ersatz des Wissens, sondern als vorübergehende Erscheinung genommen, deren Überprüfung notwendig ist. Der Glaube wird also nicht verabsolutiert, sondern dem Kriterium der Praxis unterworfen.

Die Welt schrieb am 3.8.1958 zu Heisenbergs Rede in Cottbus, die er auf Einladung des Superintendenten Jacob hielt: „Er macht uns exakt begründete Hoffnung darauf, daß wir aus dem garstigen Chaos, in das wir nicht zuletzt deshalb gestürzt sind, weil die Naturwissenschaften in Jahrhunderten einen Weg genommen haben, der sie in Gegensatz zum christlichen Glauben ... überhaupt gebracht hat, zu einer neuen Synthese von Glauben und Wissen gelangen werden.“[302]

Heisenberg selbst hatte formuliert: „Wir können nicht die Augen vor der Tatsache verschließen, daß die große Mehrheit der Menschen kaum ein wohlbegründetes Urteil über die Richtigkeit einiger wichtiger allgemeiner Ideen oder Lehren haben kann. Deshalb kann das Wort ‚Glauben‘ für die Menschheit nicht bedeuten: ‚Die Wahrheit einer Sache erkennen‘, sondern kann nur verstanden werden als ‚diese Lehre als Lebensgrundlage nehmen‘.“[303] Hier wird wiederum deutlich, wie wenig Heisenberg auf eine wissenschaftliche Weltanschauung vertraut. Auch sie kann keine auf vollstän-[297]digem Wissen beruhende Verhaltensrezepte liefern, aber sie kann Einsichten in die allgemeinen Natur-, Gesellschafts- und Denkgesetze vermitteln, die Entscheidungen erleichtern. Erst eine wissenschaftliche Weltanschauung gestattet es auch, dem Verhältnis von Glauben und Wissen im täglichen Leben und in der wissenschaftlichen Forschung in dem oben angedeuteten Sinne gerecht zu werden. Die Forderung der Marxisten besteht deshalb auch darin, den Menschen immer mehr Wissen über wissenschaftliche, aber auch über politische Erfahrungen zu vermitteln, um ihnen die auf Sachkenntnis beruhende Entscheidung zu erleichtern. Dazu ist es vor allem notwendig, alle Menschen in den aktiven politischen Kampf selbst einzubeziehen, um ihnen die persönlichen Erfahrungen zu vermitteln, die keine Theorie ersetzen kann.

[302] W. Heisenberg, Atomphysik im Denken unserer Zeit. In: „Die Welt“ vom 24.5.1958.
[303] Ebenda.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Wir wollen das Problem hier nicht weiter ausführen. Es zeigt sich aber, wie eng verflochten auch im Leben eines hervorragenden Naturwissenschaftlers Forschungsarbeit, politische Umstände, Weltanschauung und wirkliche Entscheidung in wesentlichen allgemeinen gesellschaftlichen Problemen ist. Wir konnten hier nur die Vielschichtigkeit von Faktoren andeuten, die auf das von uns betrachtete Verhältnis von Philosophie und Physik Einfluß haben. Sie modifizieren die Erarbeitung philosophischer Probleme der Naturwissenschaft und machen sie zum Kampffeld für politisch-ideologische Auseinandersetzungen. Hier muß dann vor allem die wirkliche Frontstellung klar sein, die alle Demokraten und Humanisten in der Auseinandersetzung mit den Faschisten und Militaristen vereinigt. [298]

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

SCHLUSSBEMERKUNGEN

Die Analyse der philosophischen Ansichten Werner Heisenbergs zeigte uns die enge Verflechtung physikalischer und philosophischer Ideen. Als hervorragender Physiker erkennt Heisenberg die Bedeutung philosophischen Denkens. Er beschäftigt sich mit der Geschichte der Philosophie, sucht das Wirken aller philosophischen Ideen unter neuen Bedingungen zu begreifen und wirft interessante, mit der Entwicklung der Physik verbundene philosophische Probleme auf. Trotz idealistischer Äußerungen und zeitweiliger Auseinandersetzung mit dem dialektischen Materialismus nähert sich Heisenberg einer materialistischen und dialektischen Naturauffassung an. Die Entwicklung seiner philosophischen Ansichten zeigt den Übergang von einer mechanisch-materialistischen Denkweise, wie sie unter den Physikern bis zum Ende des 19. Jahrhunderts verbreitet war, zur dialektisch-materialistischen Denkweise, die den Ergebnissen der modernen Physik adäquat ist. Dieser Prozeß ist mit vielen Umwegen verbunden, bringt bei manchen Physikern idealistische Äußerungen mit sich, führt aber immer mehr zur Klärung philosophischer Probleme auf dialektisch-materialistischer Grundlage.

Heisenbergs Materialismus wird in seiner Anerkennung der objektiven Realität und der materiellen Einheit der Welt deutlich. Er hebt den objektiven Charakter der Naturgesetze hervor. Die Entwicklung bewußter dialektischer Elemente in seiner Naturauffassung, die vor allem auch mit der Komplementaritätsthese von Bohr verbunden ist, bringt jedoch Schwierigkeiten für seine materialistische Grundhaltung mit sich. So versucht er, die bei der Erkenntnis der Elementarprozesse auftauchenden Erkenntnisschwierigkeiten zu meistern, und analysiert das Verhältnis von Subjekt und Objekt, die Rolle der Mathematik für die Erkenntnis und die Beziehung zwischen Beobachtung und Theorie, wobei die Dialektik von Wesen und Erscheinung ungenügend berücksichtigt wird. Er kämpft mit dem Begriff des Faktischen gegen positivistische Theorien, sieht jedoch noch zu wenig die philosophischen Mängel bei dieser Begriffsbildung. Er anerkennt die Bedeutung der Theorie für die Entwicklung der Physik, rückt selbst von einseitigen Formulierungen ab, wie sie zuerst in seinem Beobachtbarkeitsprinzip enthalten waren, hebt auch die Mathematik als Hilfsmittel des Denkens hervor, verbindet aber die wachsende Rolle mathematischer Methoden mit der Ideenlehre Platons, die ihm eine angemessene philosophische Bedeutung dieser Erscheinung zu geben scheint. Heisenberg behandelt tiefgründig eine Reihe philosophischer Probleme – das trifft vor allem auf die Kategorie der Möglichkeit im Determinismus, auf die philosophische Auffassung von der materiellen Einheit der Welt u. a. [299] zu –, ohne bei jeder Frage bis zu einer konsequent materialistischen Haltung vorzudringen. Bedeutung haben auch seine allgemein erkenntnistheoretischen Erwägungen.

Sein Programm zur Entwicklung einer einheitlichen Theorie der Elementarteilchen hat eine Zeitlang zu erregten Auseinandersetzungen unter den Physikern geführt. Ob es Erfolg haben wird, muß die Entwicklung der Physik entscheiden. Auf jeden Fall treten interessante Überlegungen zur Elementarität der Teilchen, zum Verhältnis von Symmetrie und Erhaltung, zur Erweiterung des Begriffs vom Vakuum usw. auf. Alle diese Überlegungen, aber auch ihre Kritik durch andere Physiker erfordern das Interesse der Philosophen.

Heisenberg hat ein an politischen Ereignissen reiches Leben hinter sich. Als junger Wissenschaftler schon mit Ehrungen gesegnet, muß er sich von den Faschisten einen „weißen Juden“ nennen und auf Grund seines mutigen Eintretens für Einstein Beschimpfungen über sich ergehen lassen. Er ist an der Atomforschung im faschistischen Deutschland beteiligt und wird interniert. In der Bundesrepublik kommt er mit seiner Unterzeichnung des Göttinger Appells wiederum in Widerspruch zu den herrschenden Kreisen. Trotz mancher Inkonsequenz haben ihn die Erfahrungen seines Lebens gelehrt, daß der Wissenschaftler auch eine politische Verantwortung zu tragen hat.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012

Leben und Wirken Heisenbergs sind von der Einheit von Physik und Philosophie durchdrungen. Er ist maßgeblich an der Propagierung von neuen, mit der Physik verbundenen philosophischen Ideen beteiligt. Die Analyse seiner Auffassung zeigt uns, wie die Philosophie integrierter Bestandteil physikalischen Denkens ist und die Entwicklung der Physik selbst neue Fragen an die Philosophie stellt. Obwohl in seinen Ausführungen oft eine Unterschätzung einer wissenschaftlichen Weltanschauung deutlich wird, sind sie selbst ein Beweis für das mögliche fruchtbare Wirken philosophischer Ideen. Die von ihm geforderte, der modernen Physik adäquate Philosophie liefert m. E. der dialektische Materialismus, auf dessen Grundlage wir auch die Ansichten Heisenbergs analysierten. Dabei liefert der dialektische Materialismus. kein Schema fertiger Antworten, sondern eine methodologische Grundlage zur Analyse neuer philosophischer Elemente in der modernen Physik.

OCR-Texterkennung und Copyright by Max Stirner Archiv Leipzig, 08.12.2012