

Idealismus oder Realismus?

Zur Diskussion um die philosophische Bedeutung der Quantenphysik

Von WOLFGANG BÜCHEL S.J.

C. F. v. Weizsäckers gesammelte Aufsätze „Zum Weltbild der Physik“ sind vor kurzem in sechster Auflage herausgekommen.¹ Man wird auf dieses Buch immer wieder empfehlend hinweisen müssen; denn was in der von Bohr und Heisenberg begründeten und heute von den meisten Physikern angenommenen Interpretation der Quantenphysik an philosophischen Elementen enthalten, aber vielleicht noch nicht immer bewußt und ausdrücklich ausgesprochen war, hat bei v. Weizsäcker wohl den höchsten bis heute erreichten Grad der begrifflichen Durchklärung gefunden. Dabei geht es gar nicht in erster Linie um Kausalität oder Akausalität, um Determinismus oder Indeterminismus, sondern das entscheidende Problem liegt tiefer: „Das Objekt der quantenmechanischen Kritik ist gar nicht der Begriff des Kausalnexus, sondern der des ‚Dings oder Vorgangs an sich‘“ (76). „Die metaphysische Hoffnung der klassischen Physiker, durch ihre Wissenschaft den Halt am an sich Seienden zu gewinnen, fällt dahin“ (174). Denn mit der Quantenphysik stehen wir vor „einer Physik, die gar nicht mehr realistisch gedeutet werden kann“ (116). Dabei ist „realistisch“ im Sinne eines erkenntnistheoretischen und metaphysischen Realismus verstanden, einer Auffassung, die „überzeugt ist, daß die Welt ‚an sich‘, unabhängig von unserer Erfahrung, eine Welt von Dingen sei“ (94), und die darum die These aufstellt: „Die Dinge existieren in Wirklichkeit“ (94).

Man wird die Auffassung v. Weizsäckers wohl am besten als metaphysischen und erkenntnistheoretischen *Idealismus* bezeichnen. Dieser Idealismus bildet den Ausgangspunkt für die Auseinandersetzung mit *Einstein* in der mit der sechsten Auflage neu hinzugekommenen Studie: „Einstein und Bohr. Der Streit um den Realitätsbegriff des Physikers“. Denn Einstein und mit ihm eine zahlenmäßige Minderheit unter den Physikern, die jedoch solche führenden Köpfe wie *Planck*, *Schrödinger*, v. *Laue* und neuerdings auch wieder *de Broglie* zu den ihren zählen kann, hält daran fest, daß es eine objektive, „an sich“ existierende Wirklichkeit gebe und daß es die Aufgabe der Physik sei, der Erkenntnis dieser Wirklichkeit zuzustreben. Mit der Relativitätstheorie steht dies nicht in Widerspruch; denn wenn die Relativitätstheorie auch den unmittelbar wahrgenommenen Längen der Körper und Zeitauern der Vorgänge ihren Charakter als absolute, standpunkt-unabhängige Bestimmungsstücke genommen und sie als relativ erklärt hat, so führt sie diese relativen, standpunktbedingten Eigenschaften doch ihrerseits wieder wenigstens mathematisch auf eine absolute, standpunkt-unabhängige Gegebenheit zurück: auf die vierdimensionale Raum-Zeit-Welt; und diese Raum-Zeit-Welt stellt für Einstein die objektive, „an sich“ existierende Wirklichkeit dar.

¹ Hirzel, Stuttgart 1954, 243 S., DM 9.80.

In der Quantenphysik dagegen ist — nach der von Bohr und Heisenberg begründeten Deutung — nicht einmal mehr eine solche mathematische Rückführung auf eine objektive Gegebenheit möglich; daher der idealistische Zug, der ihr eigen ist. Daher aber auch die Ablehnung der Bohr-Heisenbergschen Interpretation von seiten jener Physiker, die am Realismus festhalten wollen; es sei nur ein Satz angeführt, den *de Broglie* jüngstens schrieb: „Eine solche Interpretation ... mündet logischerweise in eine Art ‚Subjektivismus‘, die dem (philosophischen) Idealismus nahesteht; sie neigt dazu, die Existenz einer vom Beobachter unabhängigen physikalischen Realität zu leugnen. Nun bleibt aber der Physiker instinktiv ... ein ‚Realist‘ und hat dafür gute Gründe; eine subjektivistische Interpretation wird ihm immer ein gewisses Unbehagen bereiten, und ich glaube, daß er letzten Endes froh wäre, davon frei zu werden.“²

Abgelehnt wird die Bohr-Heisenbergsche Interpretation der Quantenphysik auch in den offiziellen Erklärungen der *Physiker in den kommunistisch beherrschten Ländern*. Dafür sind vor allem zwei Tendenzen bestimmend: Einmal die Ablehnung des Idealismus als des philosophisch-weltanschaulichen Gegenpols des Materialismus; sodann der Versuch, das charakteristisch Neue der Quantenphysik (und zum Teil auch der Relativitätstheorie) zu erklären als Auswirkung der Dialektik, d. h. inneren Widersprüchlichkeit der Wirklichkeit selbst, wie sie der Dialektische Materialismus seit Lenin verfochten habe. So wird an das Wort Lenins erinnert: „Die neue Physik ist hauptsächlich gerade deswegen zum Idealismus abgeglitten, weil die Physiker die Dialektik nicht kannten“,³ und die Leninsche Erkenntnistheorie wird geradezu zur philosophischen Grundlage der Entwicklung der Physik erklärt.⁴ Im einzelnen gehen jedoch die Auffassungen auch in den offiziellen Äußerungen mitunter noch ziemlich auseinander; eine zusammenfassende Stellungnahme soll daher hier nicht versucht werden.

Auch der „Erbfeind“ des Dialektischen Materialismus, der *Positivismus*, muß eine idealistische Interpretation der Quantenphysik, wie sie v. Weizsäcker anstrebt, ablehnen. Denn der Positivismus lehnt jede Aussage als sinnlos ab, die über die unmittelbaren Gegebenheiten der Sinneswahrnehmung hinausgeht und in diesem Sinne „metaphysisch“ ist; diese Ablehnung trifft aber ebensosehr den Idealismus wie jeden (materialistischen oder nicht-materialistischen) Realismus.

Wie begründet demgegenüber v. Weizsäcker die idealistische Interpretation der Quantenphysik? Zum Verständnis dessen sei die bekannte „Kom-

² *de Broglie*, La physique quantique restera-t-elle indéterministe? Paris 1953, S. 20. — Deutsche auszugsweise Übersetzung in: Physikalische Blätter 9 (1953) S. 488, S. 541.

³ S. G. Suworow, Die Leninsche Erkenntnistheorie — die philosophische Grundlage der Entwicklung der Physik. Berlin 1952, S. 50.

⁴ Suworow a.a.O. — Vgl. z. B. auch K. Zweiling, Dialektischer Materialismus und theoretische Physik. Berlin 1950; *V. Stern*, Erkenntnistheoretische Probleme der modernen Physik, Berlin 1952 und die daran anschließende Diskussion in: Deutsche Zeitschrift für Philosophie 1 (1953) S. 378; B. Fogarasi, Kritik des physikalischen Idealismus, Berlin 1953.

plementarität“ des Wellen- und Teilchenbildes, um die es im Grunde geht, an einem kleinen Beispiel diskutiert.

Wir betrachten (idealisiert) Elementarteilchen, etwa Elektronen, die von einer an einem bestimmten Punkt befindlichen „Elektronenquelle“, d. h. von einer Elektronen ausstrahlenden Vorrichtung, in großen zeitlichen Abständen nacheinander ausgesandt werden. In einiger Entfernung stehe der Elektronenquelle ein Schirm gegenüber, dessen Material für die Elektronen undurchlässig ist, in den aber einige Löcher eingeschnitten sind, durch die die Elektronen hindurchfliegen können. Untersuchen wir dann das Verhalten der Elektronen hinter dem Schirm, so zeigt sich in hier nicht näher zu erörternder Weise (Interferenzerscheinungen), daß das Verhalten der Elektronen von der Lage, Anordnung und Größe *aller* Löcher im Schirm abhängig ist, und zwar muß man, wie die nähere Untersuchung zeigt, annehmen, daß jedes *einzelne* Elektron von *allen* Löchern her beeinflusst wird.⁵

Man könnte dies zunächst so erklären wollen, daß eben ein Elektron durch dieses, ein anderes durch jenes Loch hindurchgehe, daß dann die Elektronen hinter dem Schirm wieder in Wechselwirkung miteinander träten und sich so letzten Endes eine mittelbare Beeinflussung aller Elektronen von allen Löchern ergäbe. Aber diese Annahme scheitert an den großen zeitlichen Abständen, in denen die Elektronen ausgesandt werden und die eine Wechselwirkung zwischen den Elektronen ausschließen: Wenn das eine gerade den Schirm durchfliegt, ist das vorausgegangene schon über alle Berge. Man muß also wohl annehmen, daß jedes einzelne Elektron, gleichsam „allgegenwärtig“, durch alle Löcher im Schirm gleichzeitig hindurchgeht und dabei von allen Löchern her eine gewisse Beeinflussung erfährt.

Dementsprechend beschreibt auch die Quantenphysik das Elektron: als eine *Welle*, die von der Elektronenquelle ausgestrahlt wird und in breiter Front durch alle Löcher im Schirm gleichzeitig hindurchgeht.

Nun stellen wir noch knapp hinter jedes Loch des Schirms ein Meßinstrument, etwa ein Zählrohr, das uns anzeigt, ob ein Elektron durch das betreffende Loch gegangen ist oder nicht; an der übrigen Versuchsanordnung, insbesondere an dem Schirm und der Elektronenquelle, wird nichts geändert. Trotzdem verschwindet jetzt in dem Raum hinter dem Schirm (und den Zählrohren) die Abhängigkeit des Verhaltens der Elektronen von allen Schirmöffnungen; ein jedes Elektron verhält sich wie ein punktförmiges *Korpuskel*, das durch die und nur die Schirmöffnung geht, bei der das Zählrohr anspricht.

Wie soll man diesen Tatbestand deuten? Etwa so, daß jedes Elektron auch diesmal „allgegenwärtig“ durch alle Schirmöffnungen gleichzeitig hindurchgehe, sich aber dann beim Erreichen der Zählrohre schlagartig auf

⁵ Wie diese Beeinflussung des Einzelteilchens, die im allgemeinen nur aus der Eigenart der Beeinflussung des Kollektivs erschlossen werden kann, im Sonderfall direkt experimentell faßbar wird, hat *Renninger* an Hand einer geistvollen Versuchsanordnung gezeigt: Zeitschr. f. Physik 136 (1953) S. 251.

einen Punkt hin zusammenziehe? Diese manchmal vorgeschlagene Deutung erscheint bei genauerer Prüfung so schwierig, daß sie auch von den Physikern, die die Bohr-Heisenbergsche Interpretation der Quantenphysik ablehnen, im Ernst nicht in Betracht gezogen wird.⁶ Oder soll man annehmen, daß die Elektronen jetzt gleich von der Elektronenquelle aus auf eine einzige bestimmte Öffnung zufliegen? Aber aus welchem Grund? An der Elektronenquelle und in dem ganzen Raum zwischen ihr und dem Schirm hat sich ja gar nichts geändert.

Dieses Problem, das wir hier nur kurz skizzieren konnten, ist das Grundproblem der erkenntnistheoretischen Interpretation der Quantenphysik. Denn auf Schritt und Tritt begegnet man in der Quantenphysik der grundsätzlichen gleichen Situation: *Vorgängig* zu der Messung einer physikalischen Größe — Ort, Geschwindigkeit, Energie usw. oder z. B. auch Anzahl der Einzelteilchen — muß man annehmen, daß diese Größe „unbestimmt“ ist nicht nur in dem Sinn, daß man ihren wahren Wert lediglich noch nicht könnte, sondern „unbestimmt“ in der Form, daß das betreffende physikalische Gebilde tatsächlich mehrere verschiedene Orte, Geschwindigkeiten, Energien usw. gleichzeitig besitzt bzw. ein zusammenhängendes Ganzes darstellt, das sich nicht eindeutig in eine bestimmte Anzahl von Einzelteilchen auflösen läßt (was sich alles im Wellenbild ohne Schwierigkeiten ausdrücken läßt); *nach* der Messung dagegen verhält sich das untersuchte Gebilde genau so, als ob es nur den einen Ort, die eine Geschwindigkeit, die bestimmte Teilchenzahl usw. habe, die das Meßinstrument angezeigt hat. Und wenn man dies als ein plötzliches „Umschlagen“ des objektiven Zustands des beobachteten Gebildes auffassen will, ergeben sich die gleichen Schwierigkeiten wie oben für die Annahme eines schlagartigen Sich-Zusammenziehens.

Für dieses erkenntnistheoretische Grundproblem der Quantenphysik schlägt nun v. Weizsäcker, ausgehend von der Bohr-Heisenbergschen Interpretation der Quantenphysik und in weitgehender Ähnlichkeit mit der Kantischen Auffassung des Wesens menschlicher Erkenntnis, folgende Lösung vor: Gegenstand der menschlichen Naturerkenntnis ist nicht eine objektive, „an sich“ existierende Naturwirklichkeit, nicht ein „Ding an sich“, sondern nur das „Ding als Erscheinung“, die Erscheinungsweise der Natur; und die Art und Weise, wie die Natur dem erkennenden Subjekt erscheint, ist wesentlich mitbestimmt durch die Art und Weise, in der das Subjekt an die Natur herantritt, konkret gesprochen: durch die Meßapparatur, mit der ein Naturgebilde oder ein Naturvorgang beobachtet wird. Geht man von einer Meßanordnung zu einer anderen über, so hat dieser Wechsel in der „Erkenntniseinstellung“ des Subjekts auch einen Wechsel in der Erscheinungsweise der Natur zur Folge. Angewandt auf das oben besprochene Beispiel der von der Elektronenquelle ausgesandten Elektronen: Gemäß dem

⁶ Für eine eingehendere Diskussion vgl. Büchel, Zur naturphilosophisch-erkenntnistheoretischen Problematik der Quantenphysik, Scholastik 28 (1953) S. 161.

ganzen apparatemäßigen Aufbau der Elektronenquelle „erscheinen“ uns die von ihr ausgesandten Elektronen als breit ausgedehnte Wellen; geht man nun durch Aufstellung der Zählrohre zu einer anderen Beobachtungsanordnung über, so hat diese Änderung in der erkenntnistmäßigen Einstellung des Subjekts auch eine Änderung in der Erscheinungsweise der Elektronen zur Folge, die uns jetzt als punktförmige Korpuskeln entgegentreten.

Das Gemeinsame dieser Auffassung mit der Erkenntnistheorie *Kants* liegt also in der Begrenzung der menschlichen Erkenntnis auf das „Ding als Erscheinung“, in der Betonung, daß alle Gegenstände unserer Erkenntnis wesentlich vom Subjekt her mitkonstituiert sind; der Unterschied zu Kant dürfte vor allem in zwei Punkten zu sehen sein: Kant begründet seine „kopernikanische Wende“ damit, daß sie die einzige Möglichkeit darstelle, die apriorische synthetische Erkenntnis zu rechtfertigen; bei v. Weizsäcker fällt die apriorische Erkenntnis weitgehend aus, und die Begründung wird von der Erfahrung der Quantenphysik her genommen. Zweitens läßt Kant den Gegenstand der Erkenntnis zwar von den Anschauungsformen und Verstandeskategorien des Subjekts her mitkonstituiert werden, aber er rechnet nicht mit der Möglichkeit, daß diese Konstitution des Erkenntnisgegenstandes auf mehrere verschiedene Weisen erfolgen könne; gerade diese Verschiedenheit der Konstitutionsweisen und dementsprechend der Erscheinungsweisen des Erkenntnisgegenstandes beim Übergang zu einer anderen Beobachtungsanordnung stellt aber den Kerngedanken der Auffassung v. Weizsäckers dar.

Gegen eine solche Lösung des erkenntnistheoretischen Grundproblems der Quantenphysik bringt *Reichenbach* den folgenden Einwand vor:⁷ Bei jeder Beobachtung eines mikrophysikalischen Gebildes kann der menschliche Beobachter durch automatisch arbeitende Registriergeräte ersetzt werden, welche die erhaltenen Beobachtungsdaten selbsttätig auf einen Papier- oder sonstigen Streifen aufzeichnen, der vielleicht erst nach Jahren von einem Menschen abgelesen wird. In diesem Fall hat das erkennende Subjekt, dem bei v. Weizsäcker die entscheidende Rolle zufällt, mit dem eigentlichen Beobachtungsvorgang überhaupt nichts zu tun; trotzdem tritt auch hier das „Umschlagen“ der Erscheinungsweisen der mikrophysikalischen Gebilde auf. Nach v. Weizsäcker sollte es in der wechselnden Erkenntniseinstellung des menschlichen Subjekts begründet sein; da dieses aber mit dem eigentlichen Beobachtungsvorgang überhaupt nichts mehr zu tun hat, muß ein solcher „philosophischer Mystizismus“, wie der Positivist *Reichenbach* die Erkenntnistheorie v. Weizsäckers bezeichnet, als unzugänglicher Erklärungsversuch abgelehnt werden.

v. Weizsäcker geht, so weit wir sehen konnten, auf den zunächst scheinbar recht einleuchtenden und verschiedentlich aufgegriffenen Einwand *Reichenbachs* nicht ausdrücklich ein. Die Antwort müßte, aus dem ganzen System v. Weizsäckers heraus, wohl folgendermaßen lauten: Man kann auch

⁷ *H. Reichenbach*, Philosophische Grundlagen der Quantenmechanik, Basel 1949, S. 26.

bei einer automatischen Registrierung der Beobachtungsdaten die quantenphysikalische Beschreibung des Beobachtungsvorgangs immer so gestalten, daß das „Umschlagen“ der Erscheinungsweisen (die „Reduktion der Wellenfunktion“) erst in dem Augenblick erfolgt, in dem die Beobachtungsdaten in das Bewußtsein eines erkennenden Subjekts eingehen. Dies hat lediglich zur Voraussetzung, daß man auch das Meßinstrument und den Registrierapparat nicht als objektiv existierendes „Ding an sich“, sondern nur als Phänomen, als Erscheinungsweise betrachtet — gerade so, wie es Kant ja für die ganze makrophysikalische Körperwelt annahm. Die Argumentation Reichenbachs stellt also keinen eigentlichen Einwand dar, sondern zwingt nur dazu, den idealistischen erkenntnistheoretischen Ansatz konsequent durchzuführen.

Die grundlegende Auseinandersetzung des erkenntnistheoretischen Realismus mit der Auffassung v. Weizsäckers muß vielmehr von einer anderen Stelle her erfolgen. v. Weizsäcker erklärt einmal: „Es ist wichtig, zu erkennen, daß der metaphysische Realismus keine wissenschaftliche These, sondern eine Weltanschauungsform ist. Er gewährt seinem Anhänger die Beruhigung, daß er in einem entscheidenden Punkt wisse, wie die Welt beschaffen sei. Wer ihn aufgibt, muß sich zunächst vorkommen wie Kolumbus, der den Mut besaß, alles bis dahin bekannte Land zu verlassen in der fast wahnsinnigen Hoffnung, jenseits der Meere doch wieder Land zu finden“ (94). „Keine wissenschaftliche These, sondern eine Weltanschauungsform“ — das ist die grundlegende Frage, die sich seit Descartes jeder realistischen Erkenntnistheorie stellt: Läßt sich die wenigstens grundsätzliche Ausrichtung unseres Erkenntnisvermögens auf das „Ding an sich“, auf eine objektive Wirklichkeit rational einsichtig machen oder handelt es sich bei der Annahme des Realismus letzten Endes nur um eine rational nicht begründbare willensmäßige Entscheidung? Auf diese philosophische Frage, die mit philosophischen Mitteln entschieden werden muß, kann im Rahmen eines kurzen Aufsatzes natürlich nicht eingegangen werden;⁸ es sei nur auf folgendes hingewiesen: Man wird mit der philosophischen Überlegung nicht bei der schon sehr komplizierten Wahrnehmung der Dinge der Außenwelt beginnen dürfen, wie es Kant und auch v. Weizsäcker tun, sondern man wird zurückgehen müssen auf das noch ursprünglichere Erleben der eigenen Existenz, entsprechend etwa dem Cartesianischen „Cogito, ergo sum“. Hier, beim unmittelbaren Erleben dessen, was „Sein“ und „Seiendes“ bedeuten, wird einsichtig, daß es zum Wesen des Seins und des Seienden gehört, zuinnerst unabhängig zu sein von jeglichem Bezug auf ein erkennendes Subjekt, und es wird zugleich erlebt, daß unser Erkenntnisvermögen auf die Erkenntnis dieses Seins hingerichtet und auch wenigstens grundsätzlich dazu fähig ist. Ist so der objektive, subjektunabhängige Charakter der eigenen Existenz

⁸ Vgl. etwa die Auseinandersetzung mit dem Idealismus bei *J. de Vries*, Denken und Sein, Freiburg i. Br. 1937; *C. Nink*, Sein und Erkennen, München 21952; *A. Brunner*, Erkenntnistheorie, Köln 1948.

rational sichergestellt, wird man in vorsichtiger, schrittweiser Weiterführung ein Gleiches für die Existenz der Außenweltdinge, wenigstens der Makrokörper, zu leisten haben; mit der Objektivität der Existenz der Makrokörper ist dann schon — insofern kann man wohl der Argumentation Reichenbachs zustimmen — die Auffassung v. Weizsäckers nicht mehr vereinbar. Für die Durchführung dieses Beweises muß jedoch, wie gesagt, auf philosophische Monographien verwiesen werden.

Was ist aber dann zu dem Satz v. Weizsäckers zu sagen, daß wir in der Quantenphysik einer Physik gegenüberständen, die gar nicht mehr realistisch interpretiert werden *könne*? Zunächst ließe sich auf zwei „massiv“ realistische (und deterministische) Modelle zur Interpretation der Quantenphysik hinweisen, die in neuerer Zeit von seiten „realistischer“ Physiker beschrieben wurden und die genau die experimentellen Daten der Quantenphysik ergeben.⁹ Durch diese Modelle ist jedenfalls erwiesen, daß von einer absolut und allgemein notwendigen inneren Widersprüchlichkeit jeder realistischen (und deterministischen) Deutung der Quantenphysik nicht gesprochen werden kann. Eine solche will wohl v. Weizsäcker auch gar nicht behaupten, sondern nur zum Ausdruck bringen: Alle Anzeichen sprechen dafür, daß auch bei der zukünftigen Entwicklung der Physik das Umschlagen der Erscheinungsweisen der mikrophysikalischen Gebilde beim Übergang zu einer neuen Beobachtungsanordnung erhalten bleibt (90). Und dem wird man wohl zustimmen müssen; denn eine große innere oder äußere Wahrscheinlichkeit kann man den eben erwähnten Modellen nicht zusprechen.

Ist aber damit schon die Unhaltbarkeit des grundsätzlichen erkenntnistheoretischen Realismus gegeben? Muß nicht vielmehr durchaus mit der Möglichkeit gerechnet werden, daß uns einfach die Begriffe fehlen, die zu einer adäquaten Beschreibung der Mikrowelt erforderlich wären, und daß es aus *diesem* Grunde niemals möglich sein wird, eine physikalische Theorie zu entwickeln, die das Umschlagen der Erscheinungsweisen der Mikrowelt vermeidet? Wir müssen nun einmal notgedrungen mit Begriffen arbeiten, die aus der makrophysikalischen sinnlichen Anschauung gewonnen sind, mit Begriffen wie Ort, Geschwindigkeit, Energie usw.; ist nicht von vornherein zu erwarten, daß wir mit diesen makrophysikalischen Begriffen etwas in die Mikrowelt hineinlegen, hineinprojizieren, was sich in genau der gleichen Form dort gar nicht findet, und daß in der Verschiedenheit des Standpunktes, von dem aus diese Projektion erfolgt, die Standpunktabhängigkeit der quantenphysikalischen Naturbeschreibung begründet ist? Die Makrokörper, deren Welt das psychologische Anschauungsmaterial für die Bildung all unserer physikalischen Begriffe bietet, stellen doch Kollektive von unschätzbar vielen Elementarteilchen dar; liegt es da nicht nahe anzunehmen, daß Begriffe, die für die Beschreibung des Verhaltens eines *Kollektivs* von Teilchen angemessen sind, sich auf das *Einzelteilchen* nur mit Einschränkungen

⁹ D. Bohm, Physical Review 85 (1952) S. 166; de Broglie a.a.O., S. 23 ff.

anwenden lassen und zwar so, daß die Grenzen der Anwendbarkeit von den jeweiligen Umständen, den Besonderheiten der Beobachtungsanordnung usw. abhängen?

Auf das oben besprochene Beispiel der Elektronen, die durch die Löcher eines Schirms hindurchgehen übertragen, würde dies bedeuten: Die Elektronen besitzen eine anschaulich nicht faßbare Raumbezogenheit, die weder punktförmig ist wie die des klassischen Punktkorpuskels noch kontinuierlich ausgedehnt wie die der klassischen Welle, wenn auch eine gewisse Strukturverwandtschaft vor allem mit den Periodizitätsbeziehungen der klassischen Welle bestehen muß; diese Raumbezogenheit wäre das, was wir oben als „Allgegenwart“ beim Durchgang durch alle Schirmöffnungen gleichzeitig bezeichneten. Eine genauere positive Charakterisierung dieser Art der Raumbezogenheit ist uns darum nicht möglich, weil uns in der Erfahrung der sinnlichen Anschauung nur eine einzige Form der Raumbezogenheit gegeben ist, nämlich die der (für die sinnliche Anschauung) kontinuierlich ausgedehnten Makrokörper; damit ist aber natürlich über die Möglichkeit oder Unmöglichkeit anderer Formen der Raumbezogenheit noch gar nichts ausgesagt.

Sind nun hinter dem Schirm keine Zählrohre aufgestellt, so bedingt diese Art der Raumbezogenheit der Elektronen makrophysikalisch beobachtbare Erscheinungen, die die Anwendung des Wellenbegriffes, die „Projektion“ dieses makrophysikalischen Begriffs auf die mikrophysikalischen Teilchen erlauben.

Sind Zählrohre aufgestellt, so tritt jedes Elektron mit allen Zählrohren in Wechselwirkung. Sie führt bei *einem* der Zählrohre zu dessen Ansprechen, während es bei den übrigen Zählrohren zu diesem Effekt nicht kommt; andererseits wird das Elektron selbst durch die Wechselwirkung so beeinflusst, daß es jetzt hinter den Zählrohren die gleichen makrophysikalischen Erscheinungen hervorruft, wie sie einem Korpuskel entsprächen, das durch das eine Zählrohr, das angesprochen hat, hindurchgeflogen wäre. Die genauere Art dieser Beeinflussung muß infolge des Fehlens adäquater Begriffe wieder offen gelassen werden;¹⁰ ein schlagartiges „Sich-Zusammenziehen“ kommt, wie schon erwähnt, kaum in Frage. Die Veränderung im Verhalten des Elektrons, die aus dieser Beeinflussung hervorgeht, erlaubt dann die Anwendung des Korpuskelbegriffes, die „Projektion“ dieses Begriffes auf die an sich doch ziemlich andersartige Wirklichkeit des Elektrons. —

Natürlich hat eine solche Darstellung einen Zug des Konstruierten und Gezwungenen an sich; aber das ist von vornherein zu erwarten, wenn wir auf mikrophysikalische Realitäten notgedrungen makrophysikalische inadäquate Begriffe anwenden. Außerdem kann man wohl sagen, daß eine idealistische Erkenntnistheorie im Sinn v. Weizsäckers nicht weniger konstruiert

¹⁰ Gewisse Hinweise bietet wohl diejenige Art der quantenphysikalischen Beschreibung der Wechselwirkung zwischen Elektron und Zählrohr, bei der auch die Zählrohrmoleküle selbst durch eine Wellenfunktion charakterisiert werden; vgl. z. B. Heisenberg, Die physikalischen Prinzipien der Quantentheorie, V 1 γ.

anmutet, wenn sie konsequent durchgeführt wird — man denke etwa an die Subjektivierung auch der Erkenntnis der Makrokörper, die eingeführt werden muß, um dem Einwand Reichenbachs zu entgehen. Insofern sind wohl, aufs Ganze gesehen, die Schwierigkeiten der versuchten realistischen Deutung nicht größer als die der idealistischen, und sie liegen außerdem an der Stelle, wo sie von vornherein zu erwarten sind: bei der Überschreitung der Grenze der sinnlichen Anschauung. Die Entscheidung zwischen den beiden Auffassungen kann daher wohl nicht vom Physikalischen, sondern muß, wie oben erwähnt, vom Philosophischen her erfolgen. —

Zum Schluß sei noch kurz das *Kausalitäts-* oder besser *Determinismusproblem* berührt, das nicht ganz mit Recht vielfach als das Kernproblem der philosophischen Bedeutung der Quantenphysik angesehen wird. Im betrachteten Fall der Elektronen am Schirm stellt es sich so dar: Die Quantenphysik läßt unbestimmt, welches der Zählrohre ansprechen wird; soll man nun annehmen, daß sich dies erst im Augenblick der Wechselwirkung von Elektron und Zählrohr zufällig entscheidet, oder soll man an verborgene und von der Quantenphysik nicht erfaßte Bestimmungsstücke des Elektrons denken, durch die, zusammen mit den jeweiligen Versuchsbedingungen, das Ansprechen bzw. Nicht-Ansprechen der Zählrohre von vornherein eindeutig festgelegt ist?

Es wurde verschiedentlich versucht, mathematisch zu beweisen, daß die Annahme solcher verborgener Bestimmungsstücke mit den experimentellen Ergebnissen der Quantenphysik grundsätzlich und allgemein unvereinbar sei. Da es jedoch, wie oben erwähnt, im Gegensatz dazu gelang, Modelle zur Deutung der Quantenphysik zu konstruieren, in denen alles Naturgeschehen streng determiniert abläuft, können diese Beweise zumindest nicht als allgemeingültig angesehen werden. de Broglie schreibt daher von dem bekanntesten dieser Beweisversuche, den der Physiker J. v. Neumann unternahm: „v. Neumann ... hat einfach gezeigt, daß man, wenn man einmal die grundlegenden Voraussetzungen der rein wahrscheinlichkeits-theoretischen“ (= indeterministischen) „Interpretation annimmt, sich dieser Interpretation später nicht mehr entziehen kann. Es handelt sich also um eine Art Zirkelschluß, und die Argumentation v. Neumanns scheint mir nicht mehr die Bedeutung zu haben, die ich selbst ihr in den vergangenen Jahren zuschrieb.“¹¹

Anderseits hat Einstein¹² auf gewisse Zusammenhänge im quantenphysikalischen Formalismus selbst aufmerksam gemacht, die bei Zugrundelegung einer realistischen Erkenntnistheorie die Annahme eines verborgenen Determinismus ziemlich unvermeidlich machen. Diese Zusammenhänge waren schon vor Einstein in etwas anderer Einkleidung von v. Weizsäcker¹³ unter-

¹¹ a. a. O., S. 18.

¹² Physical Review 47 (1935) S. 777; vgl. auch Schrödinger, Naturwissenschaften 23 (1935) S. 807, S. 823, S. 844. — Eine allgemeinverständliche Darstellung gibt Büchel, Scholastik 28 (1953) S. 161; 29 (1954) S. 235.

¹³ Zeitschr. f. Physik 70 (1931) S. 114.

sucht worden; v. Weizsäcker wie auch *Bohr*¹⁴ in seiner Antwort an Einstein erkennen an sich die Überlegungen Einsteins als richtig an, entziehen sich aber seinen Folgerungen durch die Ablehnung seiner Voraussetzung von der Existenz einer objektiven, „an sich“ bestehenden Naturwirklichkeit. Es kann also als allgemein zugestanden gelten, daß die Anerkennung dieser Voraussetzung zwangsläufig schon vom Physikalischen her zur Annahme eines verborgenen Determinismus führt; insofern erscheint den verschiedentlich von philosophischer Seite aus unternommenen Versuchen, eine erkenntnistheoretisch-realistische Interpretation der Quantenphysik mit der Annahme einer seinsmäßigen Unbestimmtheit des Naturgeschehens zu verbinden, der Boden entzogen.

Es erscheint daher auch schon vom Physikalischen her verfehlt, wenn verschiedentlich bei der Diskussion des Problems der *Willensfreiheit* oder bei der Frage nach der Möglichkeit von *Wundern* die „Freiheit“ der Elementarteilchen herangezogen wurde. Denn wenn die Frage nach Willensfreiheit und Möglichkeit des Wunders gestellt wird, so ist — jedenfalls von der katholischen Theologie her — immer eine realistische erkenntnistheoretische Einstellung vorausgesetzt; unter dieser Voraussetzung dürfte aber die Annahme einer zufälligen oder „freien“ Entscheidung der Elementarteilchen durch die Überlegungen Einsteins ausgeschlossen sein.

Die Fahrt des Dr. Bombard

Von FRANZ HILLIG S. J.

Jährlich kommen 200 000 Menschen auf den Weltmeeren um. Von ihnen sterben 50 000 eines grausamen Todes, obwohl sie sich in ein Rettungsboot bergen konnten. Sie verhungern, sie verdursten, wenn sie nicht vorher den Verstand verlieren. Bereits drei Stunden nach dem Untergang der *Titanic* (am 14. April 1912) gab es in den Rettungsbooten Wahnsinnige und Tote. 90 % aller Schiffsbrüchigen erliegen in den ersten drei Tagen.

Muß das sein? Müssen die Menschen, die man unter dem Wort „Schiffsbrüchige“ zusammenfaßt, unabänderlich sterben? Diese Fragen gingen dem jungen Assistenzarzt Alain Bombard, der in Boulogne-sur-Mer an der Kanal-küste lebte, nicht aus dem Kopf. Als er im Frühjahr 1951 zur Rettungsstelle gerufen wurde und der Wagen der Feuerwehr wieder einmal 43 Opfer der See brachte, sämtlich kalt und tot, da keimte in ihm der Plan, der ihn nicht mehr loslassen sollte und der den damals Siebenundzwanzigjährigen und sein Schlauchboot die „*Hérétique*“ berühmt gemacht hat.

„Im Schlauchboot über den Atlantik“ heißt das Buch.¹ Jetzt kann jeder bei einer guten Zigarre und einem Glas Bier das atemraubende „Abenteuer

¹⁴ *Physical Review* 48 (1935) S. 696.

¹ *Alain Bombard*, Im Schlauchboot über den Atlantik. (240 S. mit 29 Abbildungen auf Tafeln und 11 Zeichnungen im Text.) München 1953, Biederstein. Gl. DM 12,50. Die Über-