Zeitschrift: Studia philosophica : Schweizerische Zeitschrift für Philosophie = Revue suisse de philosophie = Rivista svizzera della filosofia = Swiss journal of philosophy

Herausgeber: Schweizerische Philosophische Gesellschaft

Band: 17 (1957)

Artikel: Zur erkenntnistheoretisch-ontologischen Problematik der modernen Atomphysik

Autor: Hennemann, Gerhard

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-883407

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Zur erkenntnistheoretisch-ontologischen Problematik der modernen Atomphysik

Von Gerhard Hennemann

An die Stelle des Naturbildes der sogenannten klassischen Physik ist nach einer bestimmten Interpretation in der modernen Atomphysik ein Bild unserer Beziehungen zur Natur getreten. Der *Wandel* geht nach dieser Auffassung, mit *Herbert Dingle* gesprochen[1], «von einer Anschauung, welche die Physik als das Studium einer *Außenwelt* betrachtet, hin zu einer Anschauung, welche sie als einen Versuch betrachtet, rationale Beziehungen zwischen den Elementen unserer *Erfahrung* zu finden». «Der *ältere Physiker*», so fährt *Dingle* fort, «glaubte an die Natur und sah seine Tätigkeit darin, Experimente zu machen, um zu sehen, wie sie (die Natur) beschaffen sei: die Natur war da, gleichgültig, ob er sie beobachtete oder nicht. Aber der *moderne Physiker* denkt vor allem daran, was er bei seinen Experimenten beobachtet, und er ist an irgendetwas anderem, was zu beobachten er keine Möglichkeit hat, nicht interessiert. Er sucht nach Relationen zwischen seinen Beobachtungen und ignoriert alles andere.» So sagte etwa *Heisenberg*, daß wir die stetigen Bahnumläufe der Elektronen, weil wir sie nicht beobachten können, aus unseren Beschreibungen weglassen und eben nur von dem reden müssen, was wir wirklich beobachten können. Auch *Pascual Jordan* urteilt: «Der Impuls des Elektrons existiert nicht, solange er wegen Lokalisierung des Elektrons unbeobachtbar ist[2]». Die Unterscheidung zwischen einer lediglich nicht beobachteten bzw. gemessenen und einer objektiv nicht vorhandenen Eigenschaft eines physikalischen Objektes wird als «sinnlos» verworfen. Über die Feststellung hinsichtlich eines einzelnen Resultats der Tätigkeit der Meßvorrichtung hinaus gibt es hiernach also keine Realität im atomaren Geschehen, so daß der klassische Begriff der Realität, nämlich der kartesische Begriff

---

[1] «Die neuen Anschauungen in der Physik» (in «Philosophia Naturalis», I, 1). Auszeichnungen von mir.

[2] Zit. nach *Walter Schnell*, «Die Erkenntnis der Natur» (Stuttgart 1955), S. 233.

(wonach die Gegenstände Raum einnehmen, und sich nicht zwei Gegenstände an ein und demselben Ort befinden können), hier keine Gültigkeit mehr hat.

So handelt die moderne Atomphysik nicht, wiederum mit *Heisenberg* formuliert, «vom Wesen und Bau der Atome, sondern von den Vorgängen, die wir beim *Beobachten* der Atome *wahrnehmen;* das Gewicht liegt also stets auf dem Begriff, Beobachtungsprozeß'[3]». Die moderne Physik hat es nach dieser Interpretation nicht mehr *unmittelbar* mit der Natur, dem «empirisch Realen», von dem wir nach Kant strenge und allgemeingültige, also mathematische Erkenntnis haben, sondern nur mit unsern *Kenntnissen* von der Natur zu tun; hinter dieses unser Wissen von den Vorgängen, das wir eben durch unsere *Beobachtungen* erlangen, können wir danach niemals zu den *Vorgängen selbst* dringen, das heißt, wir können das Wirkliche *an sich*, das damit noch nicht geleugnet wird, jedenfalls mit physikalischen Mitteln nicht *erkennen*. Sondern der Physiker bestimmt oder beschreibt nur die diesem Wirklichen zugeschriebenen *Wirkungen*. Diese Wirkungen manifestieren sich in Zeigerausschlägen an Meßinstrumenten und werden in Zeigerablesungen festgestellt, aus denen sozusagen alles besteht, was der Physiker *als Physiker* von der Welt weiß. Durch direkte experimentelle Befragung der Natur hat sich nach dieser Auffassung der *philosophische* Hintergrund der sogenannten klassischen Physik als fehlerhaft erwiesen.

Die moderne Atomphysik befaßt sich also nach diesem ihrem Selbstverständnis nur mit den Operationen der Physiker bzw. der Feststellung über diese Operationen. Sie verzichtet auf Letztes, das *An-Sich*. *Heisenberg* formulierte das einmal so: «Zum ersten Mal in der Geschichte steht der Mensch nur noch sich selber gegenüber, und er findet keinen andern Partner mehr[4].» Noch deutlicher sagt *C. Fr. von Weizsäcker:* «Der Geist begegnet in der objektiven Ordnung der Natur dem Geheimnis seines eigenen Ursprungs und erlebt, wie das reine Sein gleichsam durchscheinend wird, als Träger einer nicht mehr aussprechbaren Bedeutung[5].» Man kann im Anschluß an eine Formulierung von *Henry Margenau* von diesem kurz skizzierten Standpunkt aus auch sagen, daß die Quantenmechanik weiter nichts tut «als daß

---

[3] Zit. nach *Lothar von Strauß und Torney*, «Der Wandel in der physikalischen Begriffsbildung» (Braunschweig 1949), S. 114. Auszeichnungen von mir.

[4] «Das Naturbild der heutigen Physik» (in «Universitas», 11/1954).

[5] Zit. nach «Universitas», 4/1955.

sie in Wahrscheinlichkeitsbegriffen aussagt, was man auf Grund von Messungen erfahren kann. Alle weiteren Schwierigkeiten entspringen», wie wir noch darlegen werden, «aus einem unrichtigen Gebrauch der klassischen Terminologie in einem Bereich, der dieser verschlossen bleiben muß[6]». Vom Standpunkt des später noch kurz zu kennzeichnenden «Symbolismus» urteilt *Walter Schnell:* «Letztlich erkennt die Physik nicht die Außennatur, sondern mich selbst, insofern ich Gegebenheiten meines Erlebnisses ordne[7].»

So enthüllt sich die Welt nach der kurz dargelegten Interpretation nicht in ihrem *An-sich*, so daß alles andere erst durch dieses *An-sich* vermittelt werde und Aussagen darüber das *An-sich* betreffen. Damit fällt natürlich auch die erkenntnistheoretisch wichtige Unterscheidung zwischen den primären und sekundären Qualitäten fort, zu der das Problem der Objektivität im Laufe der Entwicklung der modernen Physik geführt hat. Danach kommen bekanntlich die primären Qualitäten, vor allem die Raumgestalt, dem wahrgenommenen Sinnesding unmittelbar zu, während die sekundären Qualitäten in ihrer Eigenart durch unsere menschlichen Sinnesorgane bestimmt werden. Die Entsinnlichung des modernen Wirklichkeitsbegriffes, das heißt seine rein quantitative Bestimmung ist als erkenntnistheoretische, präziser: als *erkenntnistheoretisch-ontologische Folge* des modernen physikalischen Denkens anzusehen. Man kann sagen, daß die moderne Physik in einem bestimmten Sinne Metaphysik geworden ist; diese weist über die sinnlich-anschauliche Wirklichkeit hinaus und entdeckt ihre Grundlage in einer abstrakten *Begriffswelt.*

Begriffe sind Zeichen, «die physikalischen Gegenständen zugeordnet werden[8]»; und die Geschichte der Physik ist aus der zunehmenden Verfeinerung unserer Begriffe entstanden, die einer ständig verbesserten Kenntnis von den Phänomenen angepaßt werden mußten. Die Begriffe der *klassischen Physik* haben die Bedeutung, wie *Jüttner* treffend definiert, «objektive physikalische Dinge festzustellen, deren raumzeitliche Veränderung als kausalen Gesetzen unterliegend vorgestellt wird[9]». Die *neuen Theorien* hingegen (womit jetzt die über den atomaren Bereich aufgestellten gemeint sind) «gründen sich», mit *Dirac* ge-

---

[6] Zit. nach «Albert Einstein als Philosoph und Naturforscher», herausgegeben von *Arthur Schilpp* (Stuttgart 1955), S. 165.

[7] *Walter Schnell*, a.a.O., S. 132.

[8] *Lothar von Strauß und Torney*, a.a.O., S. 28.

[9] Zit. nach *Lothar von Strauß und Torney*, a.a.O., S. 70.

sprochen, «auf physikalische Begriffe, die sich nicht in Ausdrücken beschreiben lassen, die uns schon von früher her bekannt sind, ja sie lassen sich überhaupt nicht mit Worten völlig adäquat erklären und nur dadurch erwerben, daß man durch häufigen Gebrauch mit ihnen und ihren Eigenschaften allmählich vertraut wird[10]». Zwar sind wir gezwungen, hier mit Begriffen (z. B. den Begriffen Ort, Geschwindigkeit) zu arbeiten, die aus der makrophysikalischen sinnlichen Anschauung gewonnen sind, müssen aber durchaus mit der Möglichkeit rechnen, daß uns einfach die Begriffe fehlen, die zu einer *adäquaten* Beschreibung der Mikrowelt notwendig wären. Dennoch bedarf es auch zur Formulierung dieser neuen Begriffe, deren Prüfung – zumal wenn die Theorien nicht befriedigen – der Philosophie obliegt, der *Sprache*, obschon wir wissen oder doch ahnen, daß sie hier (im atomaren Bereich) ein Gegebenes nicht völlig adäquat bezeichnet.

So gesehen sind – und damit bleibt die physikalische Theorienbildung durchaus noch auf ihrem heimischen Boden – *Heisenbergs Unbestimmbarkeitsrelationen* (1927), auf denen die Theorie der Quantenmechanik beruht, begriffstheoretisch mit *Arthur March* formuliert, «nichts anderes als eine Warnung vor dem unbekümmerten Gebrauch gewisser *Begriffe*, an denen früher niemals jemand einen Anstoß genommen hat. Zu diesen Begriffen gehören der der Lage und der Geschwindigkeit zum Beispiel eines Elektrons oder allgemein einer Mikropartikel[11]». Die Unbestimmtheitsrelationen schreiben nämlich vor, «daß die Begriffe Lage und Geschwindigkeit nur in einem durch die Planck'sche Konstante h eingeschränkten Sinn verwendet werden dürfen[12]», so daß man sagen kann, «daß h die Unbestimmtheit mißt, die gewisse mechanische Begriffe annehmen, wenn man sie von der Makro- auf die Mikrowelt überträgt[13]». In der Mikrowelt kann die Planck'sche Konstante h (Wirkungsquantum) bekanntlich nicht vernachlässigt werden. Grob gesprochen, mißt sie den Wesensunterschied zwischen Makro- und Mikrowelt, «indem sie den geänderten Sinn bestimmt, in welchem wir das Ergebnis gewisser Meßoperationen . . . auszulegen haben, wenn die Operationen statt in der Makro- in der

---

[10] Zit. nach *Lotze/Sihler*, «Das Weltbild der Naturwissenschaft» (Stuttgart I. Lieferung), S. 66.

[11] Zit. nach «Die neue Weltschau», Bd. I, S. 42. – Auszeichnung von mir.

[12] *Arthur March*, «Die physikalische Erkenntnis und ihre Grenzen» (Braunschweig 1955), S. 12.

[13] *Arthur March*, a.a.O., S. 71.

Mikrowelt ausgeführt werden[14]». Ontologisch deutet die Konstante h jedenfalls auf einen objektiven Sachverhalt hin.

Die Unbestimmtheitsrelationen machen so deutlich, daß die Begriffe der Newton'schen Mechanik im atomaren Bereich nicht mehr ausreichen; denn für die Berechnung eines mechanischen Ablaufs ist es notwendig, daß man Ort und Geschwindigkeit eines Vorgangs zu einem bestimmten Zeitpunkt gleichzeitig genau kennt. Das aber ist bei atomaren Teilchen (Elektronen, Photonen, Protonen usw.) gerade nicht der Fall. Entweder kann man den Ort sehr genau messen, «dann verwischt sich dabei durch den Eingriff des Beobachtungsinstrumentes die Kenntnis der Geschwindigkeit bis zu einem gewissen Grad; umgekehrt verwischt sich die Ortskenntnis durch eine genaue Geschwindigkeitsmessung, so daß für das Produkt der beiden Ungenauigkeiten durch die Planck'sche Konstante eine untere Grenze gegeben wird[15]». Neu definiert werden mußte also in der Quantentheorie der Begriff der gleichzeitigen Meßbarkeit zweier konjugierter Koordinaten.

Weil wir die Gegenwart in allen Bestimmungsstücken prinzipiell nicht kennen lernen können, wird durch die Unbestimmtheitsrelationen die Beschränkung der exakten *Vorausberechenbarkeit* mikrophysikalischer Vorgänge dargestellt. Sie sind der exakte mathematische Ausdruck, der die Grenzen bezeichnet, bis zu denen das Wellenbild und das Korpuskelbild physikalisch sinnvoll bleibt.

Die Unbestimmtheitsrelationen sind also für die Anwendbarkeit des *physikalischen Kausalgesetzes* von einschneidender Bedeutung geworden. Im Größenbereich oberhalb h herrscht die klassische Physik, in welcher das Kausalgesetz streng anwendbar ist; unterhalb h in der Mikrophysik ist es nur in bestimmten Fällen anwendbar. An seine Stelle tritt in der Atomphysik als eine rationelle Verallgemeinerung des Kausalitätsideals im allgemeinen die *Komplementarität* (*Bohr* 1928 ff.). Dieser Begriff beinhaltet, daß das Ergebnis eines Experimentes von der Wahl der Beobachtungsmittel abhängig ist, so daß sich ein Ereignis niemals in der *Totalität* seines Seins darstellt, sondern immer nur unter einem bestimmten *Teilaspekt*, der durch die jeweiligen Versuchsbedingungen bestimmt wird. Es hängt vom beobachtenden Subjekt und den Instrumenten ab, mit denen es das Objekt betrachtet, welche von den beiden

---

[14] *Arthur March*, a.a.O., S. 71.

[15] *Werner Heisenberg*, «Atomforschung und Kausalgesetz» (in «Universitas», 9. Jg., Heft 3).

Eigenschaften (*Welle* oder *Korpuskel*) jeweils zur Erklärung der Naturvorgänge zugrunde gelegt werden muß, so daß also das Problem einer *vollständigen* Beschreibung einer objektiven physikalischen Realität, von der wir oben sprachen, nicht gelöst ist.

Die gesamte Entwicklung der Quanten- und der Wellenmechanik hat die dualen Beziehungen zwischen Welle und Korpuskel zur Grundlage. Der Dualismus Welle–Korpuskel (besser aber Komplementarität genannt) ist zu einem der beherrschenden Probleme der modernen Atomphysik geworden. Nicht nur für die Form, sondern auch für den Inhalt der quantenphysikalischen Naturbeschreibung ist wohl die Abhängigkeit der Naturvorgänge vom beobachtenden Subjekt konstitutiv geworden. Danach kann man also die quantenphysikalische Naturbeschreibung nicht auf eine *an sich*, das heißt unabhängig vom erkennenden Subjekt vorhandene objektive Naturwirklichkeit beziehen und das Atom als ein in Raum und Zeit befindliches «materielles» Gebilde auffassen, das in seinem *An-sich* enthüllt werden könnte. Erst das Experiment, das der Beobachter an ihm vornimmt, erzwingt sozusagen von dem Atom gewisse Angaben, die über komplementäre Größen, wie Welle–Korpuskel, niemals gleichzeitig genau gemacht werden können.

Prinzipiell kann man so die Heisenberg'schen Relationen als die notwendige Einwirkung der Beobachtungsmittel auf das zu beobachtende Objekt interpretieren. Dadurch wird es uns unmöglich gemacht, dieses so zu erfassen, wie es ‚unabhängig von uns, *an sich* ist. Hinter dieser den Beobachter einbeziehenden Formulierung steckt, ontologisch reduziert, die wesentliche Einsicht, daß in der Mikrophysik das Beobachtungsmittel mindestens von der gleichen Größenordnung ist wie der beobachtete Prozeß, wodurch eben eine wesentlich andere und tiefere Verkoppelung zwischen beiden stattfindet als in der Makrophysik, in der der Begriff des Objekts ontologisch ohne Bezugnahme auf das Subjekt der Erkenntnis verwendet werden kann. Sogar *C. Fr. von Weizsäcker* gibt zu, daß im Bereich der *Makro*physik der «praktische» Realismus der alltäglichen Erfahrung berechtigterweise zum «prinzipiellen» oder «metaphysischen» Realismus ergänzt wird.

Niels Bohr, dem wir wohl in erster Linie die philosophische Durchdringung der erkenntnistheoretischen Grundlagen der Quantentheorie auf Seiten der Physiker verdanken, hat immer wieder darauf hingewiesen, daß der springende Punkt nicht ist, daß der Beobachtungsakt eine an sich seiende Situation im Atom «stört», sondern daß diese

physikalische Wechselwirkung zwischen beobachtendem Subjekt und physikalischem Objekt von vornherein eine nicht zu umgehende Bedingung der Kenntnisnahme überhaupt ist. Entsprechend besagt der Begriff der *physikalischen Realität* im *Bohr*'schen Sinne, daß eine absolute Trennung von Subjekt und Objekt, wie sie in der klassischen Physik noch möglich ist, sich in der Atomphysik nicht mehr durchführen läßt.

Pascual Jordan hat die «Komplementarität der Begriffe» als das philosophisch bedeutsamste Ergebnis der Quantentheorie bezeichnet. Er erweiterte 1947 *Bohrs* Gedanken über Komplementarität in engem Anschluß an den *Carnap*'schen Neopositivismus.

Auch *C. Fr. von Weizsäcker* – der von der Bohr-Heisenberg'schen Interpretation der Quantenphysik ausgeht und weitgehend mit Kants Auffassung vom Wesen menschlicher Erkenntnis übereinstimmt – interpretiert die «Komplementarität der Begriffe» als wesentliche *Subjektbezogenheit* der quantenphysikalischen Naturbeschreibung, also idealistisch. Er behauptet sogar, daß wir mit der Quantenphysik vor einer Physik stehen, «die gar nicht mehr *realistisch* gedeutet werden kann[16]». Soweit mit dieser Interpretation nur eine Charakterisierung der quantenphysikalischen Naturbeschreibung gemeint ist, kann man dem zustimmen. Denn diese ist in dem beschriebenen Sinn komplementär, subjektbezogen und nicht-objektivierbar. «Nicht-Objektivierbarkeit» bedeutet eben, daß sich die von verschiedenen Standpunkten aus gewonnenen Teilbeschreibungen eines und desselben Objekts nicht zu einer Totalbeschreibung des betreffenden Vorganges ergänzen lassen, sondern sich gegenseitig ausschließen.

Aber *C. Fr. von Weizsäcker* geht noch weiter, indem er prinzipiell formuliert: «Ontologisch bedeutet dies, daß der Begriff des Objekts nicht mehr ohne Bezugnahme auf das Subjekt der Erkenntnis verwendet werden kann[17]». Dabei wird allerdings der Terminus «Subjekt» eingeschränkt. So sieht *C. Fr. von Weizsäcker* das Hauptgewicht der *philosophischen* Interpretation der modernen Atomphysik in der Logik und der Ontologie und dem Verständnis des Zusammenhanges dieser beiden Bereiche. Nach seiner Ansicht hat die moderne Physik einen fundamentaleren Punkt (als man im allgemeinen gerade in Physikerkreisen annimmt), sowohl der klassischen Physik wie der klassischen

---

[16] *C. Fr. von Weizsäcker*, «Zum Weltbild der Physik» (Stuttgart 1954), S. 116.

[17] «Das Verhältnis der Quantenmechanik zur Philosophie Kants» (in «Die Tatwelt», 17. Jg., Heft 3).

Philosophie, erschüttert, nämlich deren gemeinsame *Ontologie*. Das entscheidende Problem liegt also tiefer: «Das Objekt der quantenmechanischen Kritik ist gar nicht der Begriff des Kausalnexus, sondern der des ‚Dings oder Vorganges an sich'[18].»

Danach muß es ein Hauptanliegen der *philosophischen* Interpretation der Quantenmechanik sein, herauszubekommen, ob es sich bei den in den Unbestimmtheitsrelationen ausgedrückten Schwierigkeiten, die dadurch entstehen, daß dasselbe Etwas einmal als *Welle*, das andere Mal als *Korpuskel* erscheint *(Dualismusexperimente)*, nur um *Schwierigkeiten unserer Kenntnisnahme* oder aber des *Begriffs der objektiven Natur* selbst handelt[19]. Entsprechend geht es in der Kausalitätsdiskussion der modernen Atomphysik um die Frage, «ob nicht das Resultat einer nach Belieben vorgenommenen Orts- oder Impulsmessung doch in jedem Falle eindeutig *seinsmäßig* vorausbestimmt *ist*, auch wenn es nicht *vorausberechnet* werden kann[20]». Mit andern Worten: Bedeuten die Unbestimmtheitsrelationen nur eine Grenze der *Voraussage* oder aber einen durch die Planck'sche Konstante h festgelegten Spielraum echter Unbestimmtheit der Natur? Das aber ist die Frage nach dem *Determinismus* oder *Indeterminismus* im anorganischen Bereich, um die in Wirklichkeit die *Kausalitätsdiskussion* in der modernen Atomphysik geht. Diese «unglückselige» Alternative «Determinismus–Indeterminismus» beruht nach *Paul Häberlin* auf der falschen Voraussetzung vom deterministischen *Begriff* der Kausalität. «Philosophische Einsicht

---

[18] *C. Fr. von Weizsäcker*, «Zum Weltbild der Physik», S. 76.

[19] Der *Symbolismus*, wie ihn *Walter Schnell* (der von der Naturwissenschaft zur Philosophie gekommen ist) in seinem zitierten Buch entwickelt hat, glaubt diesen Schwierigkeiten zu entgehen, indem er «Wirklichkeit» als «Tatsache unseres Erlebnisses», nicht aber als «Abbild eines transzendenten Außen» auffaßt (S. 29). Dem Symbolismus ist «Wirklichkeit» also «Erlebnisevidenz, nicht aber ontologisches Außen» (S. 33). «Objekte» sind dem Symbolismus entsprechend «nichts als Erlebnisgegenstände, die als außenbezogen vorgestellt werden» (S. 30). «Erkenntnisgegenstand» ist «rationale Ordnungsgestalt meines geistigen Handelns» (S. 153). So sind auch *Welle* und *Korpuskel* «immanente Ordnungssymbole ohne bewußtseinstranszendente Realität» (S. 85); sie sind «nichts als Aspektsymbole meines erkennenden Ordnens eines nur einfach daseienden Wirklichen» (S. 209). Dann aber ist die für den Realismus geltende Antithese überwunden, «denn Symbole vermag ich gedanklich von verschiedenem Aspekt her zu schaffen» (S. 85).

[20] Formulierung von *Wolfgang Büchel*, dessen wertvolle Aufsätze, für deren freundliche Überreichung ich ihm auch an dieser Stelle danken möchte, in dieser Arbeit herangezogen wurden.

gibt dem Gedanken strenger Sukzessionsordnung (Kausalität) durchaus Recht; aber sie zeigt zugleich, daß diese Ordnung autonome Funktion des Existierenden nicht nur ‚zuläßt', sondern voraussetzt. . . . Der philosophische Begriff der Kausalität überwindet den Gegensatz von Determinismus und Indeterminismus, er zerstört diese Alternative. Philosophie denkt das Geschehen weder deterministisch noch indeterministisch. Sie versteht die Welt als in jedem Zustand determinierte (bestimmte), aber determiniert *durch* ‚indeterminierte' (nicht *voraus* bestimmte) Funktion des Existierenden[21]». Die *Physik* sagt jedenfalls nur *Unbestimmbarkeit*, nicht *Unbestimmtheit* aus. Aus der Unbestimmbarkeit aber Unbestimmtheit ableiten zu wollen, wäre «empiristischer Dogmatismus». Überhaupt müssen wir in einer kritischen Stellungnahme beachten, daß die bisher dargelegte Interpretation der modernen Atomphysik vorwiegend die *idealistische* bzw. *positivistische* ist. Für sie sind kennzeichnend die Leugnung der Erkennbarkeit der objektiven Außenwelt und der Kausalität. Zum mindesten spricht man von «kausalen Anomalien» (unter «Anomalien» versteht die Physik Unstetigkeitsstellen im Ereignisverlauf) und betrachtet dann die Quantenmechanik als einen Fall, «in dem keine Beschreibung existiert, die kausale Anomalien vermeidet» *(Hans Reichenbach)*. Der logische Fehler des physikalischen Idealismus liegt jedoch darin, so argumentiert der *Realismus*, daß er das *Subjekt-Objekt-Problem* falsch sieht und zu Unrecht Subjekt (Beobachter) und Beobachtungsmittel (Meßinstrument) identifiziert. Daraus folgt aber, daß die zweifellos vorhandene Wechselwirkung zwischen Subjekt und Objekt (physikalischer Gegenstand) auch gleich einer Wechselwirkung zwischen Meßinstrument und Objekt gesetzt wird, wohingegen das Meßinstrument ganz auf die Seite des Objekts gehört und mit dem Subjekt nichts zu tun hat. Daraus aber ergeben sich natürlich ganz andere Konsequenzen, als sie der (physikalische) Idealismus und Positivismus ziehen müssen. Es nützt auch nichts, sogenannte «verborgene Parameter» anzunehmen, worunter man Hilfsgrößen versteht, die experimentell nicht zum Vorschein kommen, der Theorie jedoch formal ein deterministisches Gepräge geben würden. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, daß es neuerdings *Erwin Schrödinger* als eine Form der Resignation betrachtet, die Materie gleichzeitig als ein Wellen- und Partikelphäno-

---

[21] «Physikalische Theorie in philosophischer Sicht» (in «Philosophia Naturalis», III, 3).

men darzustellen. Die Hoffnung auf die Erreichbarkeit eines in sich geschlossenen physikalischen Weltbildes, so sagt *Schrödinger*, dürfe nicht aufgegeben werden.

Die *philosophische* Frage lautet in jedem Falle, ob es sich bei den betrachteten Schwierigkeiten um eine *seinsmäßige Unmöglichkeit* oder aber nur um eine *erkenntnismäßige Unfaßbarkeit* handelt. Bei der Behandlung dieser Frage ist streng zu beachten, daß das *Erkenntnisverhältnis* nicht über das *Seinsverhältnis* entscheiden kann; daß das *Seins-Problem* über das Problem- und Phänomengebiet des wissenschaftlichen *Erkenntnis-Zugangs zum Sein* hinausreicht. Über das *Sein selbst*, das heißt über die «objektive Realität», sagt das Determinismusproblem gar nichts aus; sondern es besagt nur, «daß der Mensch unter bestimmten Bedingungen (scil.: die in der klassischen Physik gegeben sind) physikalische Vorgänge als determiniert ansehen und behandeln *kann*. Die Natur, *abgesehen* von diesem *Können*, tritt gar nicht vor Augen. Nur ist... das bezeichnete Können dennoch gerade ein solches Absehen-Können, das erst in der Mikrophysik sein Ende findet. Die Sache liegt also nicht so, daß die ‚klassischen' Vorgänge nach wie vor ‚voll determiniert' *wären*, sondern so, daß sie nach wie vor als voll determiniert ‚*gelten* können' oder genauer: nach wie vor voll determinierbar sind. Freilich, auf diesen scheinbar winzigen Unterschied der Ausdrucksweise überhaupt zu achten, liegt dem Nur-Physiker meist fern, weil in der Tat diese Folgerung, mit der die Erfahrungen der Quantenmechanik zunächst auf die älteren Erfahrungen der Physik selbst zurückwirken, gerade in ihrer Achtsamkeit auf nur-physikalische Formulierungen eine philosophische Folgerung darstellt[22]».

Die moderne Atomphysik aber ist, wie wir hörten, über den Zugang zum «An-sich-Sein» unsicher; sie streicht deshalb kurzerhand diesen philosophisch doch präzisen Begriff aus ihren Überlegungen als *überflüssig*. Damit wird zwar das Fachdenken von drängenden erkenntnistheoretischen Fragen entlastet. Zugleich aber bedeutet das Verzicht auf Philosophie, ja geradezu Erkenntnisnihilismus. Man kann nicht philosophische Probleme dadurch überwinden, daß man sie einfach beiseiteschiebt. *Hermann Wein* bezeichnet in seinem Aufsatz «Heutiges Verhältnis und Mißverhältnis von Philosophie und Naturwissenschaft» (in «Philosophia Naturalis» I, 1 und 2) diese positivistische Lösung der durch die Quantenmechanik aufgegebenen Problematik treffend

---

[22] *Wilhelm Kamlah*, «Der Mensch in der Profanität» (Stuttgart 1949), S. 77.

als die «gordische» Lösung des komplizierten Problems. Hervorgehoben wird die *Erschwerung unseres Zuganges* zum *Ganzen des Gegenstandes* durch die «*Komplementarität* der Versuchsanordnungen». Gesprochen wird von der *Unmöglichkeit* eines solchen Zugangs, indem man fälschlich aus dem «Nicht-Erkennen-Können» auf das «Nicht-an-sich-Sein» schließt. Aus der «Unfaßbarkeit» folgt aber nicht «Ursachlosigkeit». Was sich nicht mit bestimmten Erkenntnismitteln erfassen läßt, braucht deshalb im Realzusammenhange nicht zu fehlen. Es gibt ja vieles Reale, das wir nicht begreifen. Der «Schluß» daraus, daß wir etwas nur mit statistischen Gesetzen und Grenzwerten erfassen können – darauf, daß es selber nur von statistischen Gesetzen beherrscht sei, ist jedenfalls *als Schluß* falsch.

So stellt die «Freiheit zur Einführung aller nur brauchbar erscheinenden Annahmen» (wie z. B. die «komplementäre» Verbindung einander widersprechender Modelle, Dreiwertigkeit der Logik usw.) den eigentlichen Beitrag der positivistischen Leugnung aller Philosophie für die Entwicklung der Quantenphysik dar.

Die eigentliche *philosophische* Bearbeitung naturwissenschaftlicher Probleme geht jedoch über das Methodologische und Erkenntnistheoretische hinaus; sie liegt doch wohl in der Diskussion der *logisch-kategorialen* Fragen. Die grundsätzliche Frage, die das Wesen und die Erfaßbarkeit von Kategorien überhaupt betrifft, steht an der Grenzscheide von Ontologie und Erkenntnistheorie. Aber weder der Positivismus noch die Methodologie der Naturwissenschaften dringen bis zu den kategorialen Problemen durch.

Zwar darf sich die Kategorienlehre nicht in die physikalische Theorienbildung selbst einmischen, solange diese auf ihrem heimischen Boden bleibt. Wohl aber hat sie – und dieser Fall ist eben bei manchen Interpretationen der modernen Atomphysik eingetreten – über die Grenzen der Tragweite ein entscheidendes Wort mitzusprechen, wenn diese über die Kompetenz der Physik hinausreichen.

Die letzten und grundlegendsten Probleme der Philosophie sind immer die metaphysischen oder ontologischen Probleme, so daß *Hermann Wein* in seinem genannten Aufsatz als *Programm* für die *philosophische* Arbeit an den Problemen, die uns die moderne Atomphysik aufgibt, den Satz aufstellt: «*Richtung zum Seienden*, trotz aller heute ganz neu gesteigerten Einsicht in die Schwierigkeiten des Zuganges zu seiner wahren Struktur» – also philosophische «Nacharbeit» mit Hilfe einer *ontologischen Naturphilosophie*, wie sie uns vor allem *Nicolai Hartmann*

bereitgestellt hat. Die Aufgabe einer solchen ontologischen Naturphilosophie besteht vor allem darin, das umfangreiche und bereits gut gesicherte Tatsachenmaterial, das gerade die moderne Atomphysik erarbeitet hat, kategorial zu erfassen, aus ihm die Real-Kategorien herauszupräparieren. Dabei hat es sich schon als sicher herausgestellt, daß im Gebiet der atomaren Prozesse die exakte, mathematisch-kausale Faßbarkeit der Gesetze versagt. Das aber heißt, daß die mechanistischen Kategorien zu eng sind, um atomare Vorgänge erfassen zu können. Es ist der Vorzug der ontologischen Naturphilosophie, daß sie dem Tatsachenmaterial der neuesten Sach-Entdekkungen gerecht wird.

In der *ontologischen Erkenntnistheorie* ist die Theorie auf das *Sein* gerichtet. Wenn man – beispielsweise mit *Rudolf Kurth* in seiner Schrift «Von den Grenzen des Wissens» (München/Basel 1953) – die Begriffe «Ort» des Elektrons und seine «Geschwindigkeit» als «Konstruktionen nach Analogie» bezeichnet, so deutet die Möglichkeit, solche Konstruktionen überhaupt machen zu können, doch wohl darauf hin, daß im «An-sich» dem Verstande etwas entgegenkommen muß. Weiter scheint mir die Tatsache, daß sich mathematische Gesetzlichkeiten in physikalischen Realitäten verwirklicht zeigen, und zwar sowohl bei den einzelnen Elementarteilchen wie aber auch schon in der «kausalmechanischen» klassischen Physik, ein wichtiges Argument für die Berechtigung der ontologischen Perspektive zu sein, die das *ideale Sein* dem *realen* als autonomes gegenüberstellt. Gerade die moderne Atomphysik hat gezeigt, daß es möglich ist, für das Verhalten, zum Beispiel der Elektronen, außerordentlich präzise Gesetzmäßigkeiten aufzustellen, die ihre mathematische Niederschrift eben in der Quantentheorie finden. Faßbarkeit und Berechenbarkeit sind hier eng miteinander verknüpft, Gesetzeserkenntnis und mathematische Formel können durchaus nicht getrennt werden. Der Grund dafür ist aber kein erkenntnistheoretischer, sondern ein *ontologischer*. «Die Verhältnisse, Vorgänge und Gebilde der Natur sind eben selbst quantitativ geordnet, sie enthalten mathematische Struktur und Gesetzlichkeit» *(Nicolai Hartmann)*. Besonders in den Theorien der Quantenphysik ist das Prinzipielle und Allgemeine stark nach der mathematischen Seite verschoben, so daß hier die Frage nach dem Zusammenhang von *realem* und *idealem Sein* wohl einer vordringlichen Lösung bedarf.

Summarisch geurteilt, macht sich auch in der *philosophischen* Interpretation der modernen Atomphysik im allgemeinen ein *mangelndes*

Verhältnis zur Seinsproblematik bemerkbar; kompliziert wird die Interpretation natürlich dadurch, daß man heute wohl kaum sagen kann, was alles in den komplizierten Atomgebilden vor sich geht. Sicher aber ist, daß der genaue Unterschied und zugleich der genaue Zusammenhang vor allem der Bedeutungen der Begriffe des «An-sich-Seins» und des «Erkennen-Könnens» *zu Ende diskutiert werden müssen*, daß also das *Transzendenz-Problem* autonom aufgerollt und dem *Erkennbarkeits-Problem* unterscheidend gegenübergestellt werden muß. Es muß zwischen *ontologischen* und *physikalischen* Begriffen und Sachverhalten unterschieden werden. Wenn *philosophische Eindeutigkeit* erreicht werden soll, muß eben eine genügend breite *philosophische* Ausgangsstellung, verstanden als Bewußtsein von den Verhältnissen der über das Physikalische hinausgehenden eben skizzierten Probleme, bezogen werden. Erst von dieser breiteren, sich bis in das Ontologische erstreckenden Basis aus ist es möglich, die Fülle der heute in der Atomphysik anstehenden Probleme, von denen hier nur die zentralen angedeutet werden konnten, *philosophisch* befriedigend zu meistern.

Am Beispiel der quantenphysikalischen «Komplementarität», die *Gerhard Kropp* und *Max Wundt*, letzterer im ausdrücklichen Anschluß an Hegel, als «Dialektik» betrachten, hat unlängst *Arnold Wilmsen*[23] gezeigt, «wie notwendig es ist, *physikalische* und *ontologische* Sachverhalte auseinanderzuhalten, weil sie als solche wesentlich voneinander verschieden sind». Es liegt im Wesen der *physikalischen* Erkenntnis, daß sie den Seins- und Wesensgehalt des *Korpuskel-* und *Wellen*begriffes völlig außer acht läßt, beide nur als Modelle für verschiedene Verhaltensweisen der Meßobjekte betrachtet und von «Komplementarität», das heißt von einem ohne Widerspruch «gleichberechtigt-nebeneinander» bestehen Könnenden, spricht. Das kann jedoch nur eine *physikalische*, keinesfalls aber eine *ontologische* Bedeutung haben. «Denn als ontologische Realitäten sind Korpuskeln und Wellen weder bedeutungsidentisch noch bedeutungsäquivalent, sondern bedeutungsverschieden, weil sie als Seinsmodi einer kontradiktorisch entgegengesetzten Seinsschicht angehören.» Die Frage, ob der atomare Materiebegriff einen Korpuskel-Welle-Dualismus beinhalte, ist eine Frage nach dem *Sein* und *Wesen* der Materie; sie geht also die *Ontologie* und nicht die *Physik* an. Letztere hat lediglich aufzuzeigen, «*warum* mit einem bewegten

---

[23] «Zur Ontologie des Korpuskel-Welle-Dualismus» (in «Philosophia Naturalis», III, 3).

Elementarteilchen überhaupt Wellen verbunden sind, und zwar sowohl in der Form der Beugungserscheinungen als auch, je nach der Art des Versuches, von Interferenzstreifen». Der Dualismus muß eben physikalisch erklärt und geklärt werden. Es nützt nichts, ihn auf die verschiedenste Weise zu interpretieren. Weil aber wohl alle physikalischen Begriffe auch einen ontologischen Bedeutungsgehalt haben, darf auch die Physik diesen nicht außer acht lassen.