



5 - Der philosophische Neuanfang bei C.F. von Weizsäcker

Carl Friedrich von Weizsäcker ist derjenige Physiker und Philosoph des 20. Jahrhunderts, der wie kein zweiter die philosophische Verarbeitung der ontologischen, erkenntnistheoretischen, formallogischen und ethischen Konsequenzen der modernen Naturwissenschaft und insbesondere der Quantenphysik durchdacht und begrifflich neu zu formulieren unternommen hat. Sein umfangreiches naturwissenschaftliches, philosophisches und ethisch-politisches Werk spiegelt in gewisser Weise die umfassende Komplexität der durch die neue Physik aufgestellten geistigen Herausforderungen, denen sich von Weizsäcker sein Leben lang gewidmet hat. Dabei zeigt seine Mitwirkung am Uranprogramm des nationalsozialistischen Deutschlands eine innere Ambivalenz, die Weizsäcker nach dem Ende des 2. Weltkrieges zu einer kompromisslosen Haltung des Pazifismus führte und die ihn zu einem der ersten und bedeutendsten internationalen Friedensforscher machte.

Carl Friedrich von Weizsäcker wurde 1912 in Kiel geboren, wuchs in Stuttgart, Basel, Kopenhagen und Berlin auf. Er studierte Physik, Astronomie und Mathematik unter anderem bei Niels Bohr und Werner Heisenberg. Seine wissenschaftliche Laufbahn begann er 1930 am Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik in Berlin. 1946 kam er an das Max-Planck-Institut für Physik in Göttingen, wo er sich neben den Fragen zur Entstehung des Sonnensystems immer stärker der Philosophie zuwandte. 1956 initiierte und formulierte er das atomkritische „Manifest der Göttinger Achtzehn“. 1957 wurde er zum Professor für Philosophie an der Universität Hamburg berufen; sein Schwerpunkt dort war die wissenschaftstheoretische Bearbeitung der Physik. Eine Indienreise brachte ihn in Kontakt mit asiatischem Denken und östlicher Mystik. 1970 wechselte er an das für ihn gegründete „Max-Planck-Institut zur Erforschung der Lebensbedingungen der wissenschaftlich-technischen Welt“, das er zusammen mit Jürgen Habermas bis zu seiner Emeritierung 1980 leitete. In den achtziger Jahren befasste sich von Weizsäcker vor allem mit ethisch-religiösen Fragen und engagierte sich mit zahlreichen Vorträgen in der internationalen Friedensforschung. Er traf sich einige Male zu einem fruchtbaren Gedankenaustausch mit indischen Philosophen, u.a. auch mit dem Dalai Lama. Später zog er sich in seine Wohnung in Söcking am Starnberger See zurück und widmete sich der Vollendung seines Hauptwerkes „Zeit und Wissen“. Es erschien 1992, 1995 als Taschenbuch (heute ist es nur noch in wenigen Exemplaren antiquarisch erhältlich). Er starb dort 94 j. im April 2007.

Die Liste seiner Ehrungen ist lang; den Vorschlag Willy Brandts (1979), Kandidat für das Amt des Bundespräsidenten zu werden, lehnte er ab. Lange Jahre hindurch galt Carl Friedrich von Weizsäcker als das intellektuelle 'Gesicht' Nachkriegsdeutschlands und als sein friedenspolitisches Gewissen. Von Weizsäcker dachte lange vor dem Schlagwort der „Globalisierung“ global und Kulturen übergreifend. Man erahnte zwar seine geistige Größe, konnte aber seinen vorwärts weisenden und auch sehr komplexen und abstrakten Gedankengängen oft nicht folgen. Selbst sein Lehrer Heisenberg bemerkte einmal, so abstrakt wie Weizsäcker könne er selber nicht denken. Allzu schnell geriet von Weizsäcker nach dem wirtschaftlichen und politischen Umbruch der Welt Ende des vorigen Jahrhunderts in Vergessenheit. Seine erkenntnistheoretische Aufarbeitung der Ergebnisse und Methoden der Naturwissenschaften auf dem Hintergrund der Quantenphysik blieb weitestgehend ohne Wirkung, wurde nicht einmal gründlich studiert und rezipiert. Der scheinbare Siegeszug der technischen Neuerungen und wissenschaftlichen Entdeckungen (Teilchenphysik, Kosmologie, Informatik, Informationstechnologie, Biochemie, Biotechnologie, Genetik, Hirnphysiologie) beschleunigte die weitere Entwicklung in einer Weise, dass kaum Zeit zum Nachdenken über Grundlagen und Folgen blieb – die Dominanz der technisch-rationalen Vernunft drohte auch die traditionellen Bereiche der Geisteswissenschaften, ja der Kultur überhaupt zu überwältigen. Offenbar bedurfte es erst einer Wirtschaftskrise, einer Mega-Katastrophe wie derzeit in Fukushima und der Angst vor unkontrollierbarer Klimaveränderung, um (möglicherweise?) eine neue Bereitschaft zum Nachdenken über die Grundlagen unseres Denkens und Handelns herbei zu führen. Die durch die Globalisierung und

Vernetzung der Welt fortschreitende *Beschleunigung* erfordert auf der anderen Seite eine sachlichen *Entschleunigung des Denkens*. Hier harret das Werk Carl Friedrich von Weizsäckers seiner Wiederentdeckung.

Überblick über C. F. von Weizäckers Positionen

1. Von Weizsäcker erkennt, dass durch die Relativitätstheorie und noch mehr durch die Quantentheorie früher selbstverständliche Grundwahrheiten der Physik hinsichtlich der euklidischen Geometrie, der Mathematik und der Philosophie erschüttert sind. „Ein Weltbild ist zerstört.“ Auch wenn die naturwissenschaftliche Erforschung der Wirklichkeit nur die Anwendung bestimmter Methoden in Bezug auf bestimmte Aspekte der Natur darstellt, impliziert ihre Methodik und ihre Logik dennoch eine bestimmte Ontologie, empirisch (cartesianisch bzw. kantianisch) gesehen nämlich die der klaren Unterscheidbarkeit von Subjekt und Objekt, formal logisch (aristotelisch) gesehen die des Satzes vom Widerspruch und vom ausgeschlossenen Dritten. Zwar geht auch die Naturwissenschaft von gegebener Erfahrung aus, aber durch ihre Methodik der Objektivierung und der Verallgemeinerung vielfältiger Erfahrung durch experimentelle Exaktheit zerfällt der Blick auf das Ganze zugunsten eines klar definierten Ausschnittes der Wirklichkeit. Man dürfe aber nicht das *Ganze* der Wirklichkeit mit dem methodisch erklärten *Teil* des Ganzen verwechseln.
2. Dies gilt umso mehr, als durch die Relativitätstheorie und durch die Quantentheorie der Zugang zur Wirklichkeit unanschaulich geworden ist und dennoch die Notwendigkeit bleibt, diese so unanschauliche Wirklichkeit der „Natur“ gleichwohl nach dem Bilde des Anschaulichen zu beschreiben. Welle – Teilchen – Dualismus, Komplementaritätslogik, Unschärfebeziehung, Wahrscheinlichkeitswelle, quantenmechanische Verschränkung --- das Unverständnis gegenüber all diesen Befunden und Beschreibungen der modernen Physik liegt nun aber „nicht an den Sätzen der Physik, sondern an unserem Verständnis dieser Sätze“. Unsere am Denken in Objekten gebildete Logik und Sprache versagt an der Grenze der *Objektivierbarkeit der Natur* selber. Daraus leitet von Weizsäcker die Aufgabe ab, dieses mit mathematischer Exaktheit beschriebene neue System einer Naturerkenntnis jenseits des mechanischen Weltbildes (Newtons) sowohl erkenntnistheoretisch als auch ontologisch und formallogisch denkerisch zu durchdringen und begrifflich einzuholen.
3. Werden Komplementarität und Wahrscheinlichkeit (Potentialität) zum Ausgangspunkt eines neuen, quantentheoretisch begründeten Weltbildes, so muss diese neue Sicht auf die Wirklichkeit der Natur im Einzelnen durchgeführt und begrifflich klar definiert werden. Von Weizäckers philosophisches Werk kann als ein umfassender, wenngleich unabgeschlossener Weg zu diesem Ziel hin verstanden werden. Dies soll an zwei miteinander verbundenen Thematiken verdeutlicht werden: an dem Entwurf einer Modifikation der klassischen Logik hin zu einer „mehrwertigen Logik“ („Komplementaritätslogik“) und der Entwicklung des Gedankens der Ur-Alternativen und des „Informationsstroms“.
4. In der Logik wird der Satz der Identität $A=A$ beibehalten, aber der Satz vom ausgeschlossenen Dritten aufgegeben: neben „wahr“ = „faktisch verwirklicht“ mit dem Wahrscheinlichkeitswert „1“ und „falsch“ = „nicht verwirklicht“ mit dem Wert „0“ gibt es noch „unbestimmt“ = „noch nicht verwirklicht“ mit dem Wert „ $\frac{1}{2}$ “. Der genau ausgearbeitete Formalismus (v. Weizsäcker verweist auf Birkhoff, von Neumann, Tarski) hat weitreichende Folgen und ermöglicht eine begrifflich, d.h. sprachlich exakte Beschreibung der quantentheoretischen Gegebenheiten.
5. Ontologisch fragt von Weizsäcker nach den Bedingungen der Möglichkeit der Erkenntnis einer Wirklichkeit, die durch Komplementarität und dem 'eingeschlossenen Dritten' bestimmt ist: Jede Logik impliziert eine Ontologie, so von Weizsäcker. Die Komplementaritätslogik der Quantentheorie formuliert im Sinne G. Picht's „bekannte Seinsgesetze für mögliches Seiende“. Die „Potentialität“ als Seinskategorie gewinnt ontologisch eine neue Bedeutung und Begründung und kann dabei an Gedanken des Aristoteles erinnern. Die Potentialität des Seins verwirklicht sich jeweils in Alternativen, bis hin zu den Ur-Alternativen des ersten / letzten Grundes. Wirklich ist, was als Ergebnis einer Alternative aus der Potentialität herausgetreten ist in die Realität – so wie aus der „Wahrscheinlichkeitswelle“ sich in der Messung das Teilchen realisiert. Die gesamte Wirklichkeit kann darum nach v. Weizsäcker aufgebaut

gesehen werden aus solchen Ur-Alternativen (0/1), die als „Ur“ an die Stelle der Atome treten. Das „Ur“ ist die Grundlage aller „Information“, die somit ständig zunimmt (→ Entropie). Die Zeit wird zur Realisierung des andauernd evolvierenden „Informationsstroms“. In diesem Sinne nimmt von Weizsäcker das Dictum von G. Picht auf: „Die Zeit selbst ist das Sein.“ (ist = transitiv!).

Carl Friedrich von Weizsäcker - Texte

C. F. v. Weizsäcker, Zum Weltbild der Physik (1942), ¹³1990

[S. 28 – 32 : **neues Weltbild**]

7. *Die Gestalt der modernen Atomphysik.* Es ist schwer, vom Wesen dieser neuen Physik ohne Verwendung abstrakter mathematischer Begriffsbildungen eine Vorstellung zu geben. Das wird erst dann leichter sein, wenn ihre allgemeinen, philosophischen Konsequenzen weiter ins Allgemeinbewußtsein eingedrungen sein werden. Diese Folgerungen selbst sind aber erst zum kleinsten Teil gezogen; sie sind es ja, um die sich auch dieser Aufsatz bemüht. Trotzdem müssen wir versuchen, wenigstens einige Grundzüge nachzuzeichnen.

Was wir von Atomen wissen, wissen wir durch Experimente. Ein Experiment ist eine Handlung, die wir bewußt und willkürlich durchführen; sein Hilfsmittel ist ein von uns selbst hergestellter Apparat, sein Ergebnis eine sinnliche Wahrnehmung. Somit muß der physische Vorgang des Experiments im Raum und in der Zeit unsere Anschauung beschrieben werden können. Ferner muß im Meßapparat das Kausalgesetz gelten; sonst könnten wir gar nicht aus dem Beobachtungsergebnis auf das beobachtete Objekt schließen. Schließlich kann man auf die am Experiment beteiligten Gegenstände in naiv-praktischer Weise die Substanzvorstellung anwenden: sie bleiben mit sich identisch, wie materielle Körper das zu tun pflegen,/

und auch dies ist entscheidend dafür, daß man überhaupt in vernünftigen Worten sagen kann, was man gemessen hat. So bilden Raum und Zeit der Anschauung und die Kategorien von Substanz und Kausalität den Rahmen des Experiments.

Das Atom selbst aber nehmen wir nicht unmittelbar wahr; es ist uns nicht als Objekt in Raum und Zeit gegeben, sondern als Ziel eines Rückschlusses aus einem Meßresultat. Man kann es auch nicht durch ein Modell nach dem Muster eines raumzeitlichen Objekts beschreiben. Wir charakterisieren es vielmehr durch eine gewisse mathematische Größe, die S c h r ö d i n g e r s c h e "Psi-Funktion". Sie tritt an die Stelle der mechanischen Bestimmungsstücke, durch die man ein Objekt zu beschreiben pflegt, und aus denen man Voraussagen über den Ausfall künftiger Experimente gewinnt. In welcher Weise kann sie aber das? Da ein Experiment stets eine in Raum und Zeit definierte Größe ermittelt, die Psi-Funktion aber keine solche ist, wird sie nicht direkt gemessen. Aus ihr gewinnt man vielmehr durch eine mathematische Operation, deren Art sich nach der Art des angestellten Experiments richtet, eine Wahrscheinlichkeitsangabe über den Ausfall des Experiments (also z. B. eine Angabe über den mittleren Wert, den die betreffende Größe bei sehr vielen Messungen annehmen wird).

Könnte man den Ausfall jedes an einem Atom möglichen Experiments (z. B. über seine Lage, seine Geschwindigkeit, seine innere Struktur) mit Gewißheit voraussagen, so könnte man die betreffenden Werte der zu messenden raumzeitlich definierten Größen dem Atom einfach als Eigenschaften zuschreiben und hätte das gesuchte raumzeitliche Modell des Atoms. Darin, daß in den meisten Fällen nur Wahrscheinlichkeitsvoraussagen möglich sind, drückt sich also gerade aus, daß man die gemessenen Größen dem Atom nicht naiv als Eigenschaften zuschreiben darf. Dasselbe zeigt sich darin, daß die gemessenen Größen, als Eigenschaften eines und desselben Objekts gedacht, zum Teil sogar logisch unvereinbar sind. Z. B. benimmt sich dasselbe Atom bei manchen Experimenten wie ein räumlich konzentriertes Teilchen, bei anderen wie eine den ganzen Raum erfüllende Welle. Nun ist es klar, daß das Atom nicht zugleich Teil-

chen und Welle sein kann. Die logische Paradoxie wird dadurch vermieden, daß man niemals gleichzeitig Experimente machen kann, in denen das Atom in den beiden verschiedenen Weisen reagiert. Habe ich das Atom etwa als Teilchen an einem bestimmten Ort vorgefunden, so werde ich es bei einer sofortigen Wiederholung des Experimentes am selben Ort finden und kann/

also mit einem gewissen Recht sagen: das Atom ist da und da. In diesem Falle ist die Psi-Funktion des Atoms so beschaffen, daß über andere Größen, etwa seine Geschwindigkeit, oder die Eigenschaften, die es als Welle charakterisieren würden (Wellenlänge, Phase), nur Wahrscheinlichkeitsvoraussagen möglich sind. Kenne ich umgekehrt die Welleneigenschaften, so kann ich über die Teilcheneigenschaften nur mit Wahrscheinlichkeit prophezeien. Also darf ich nicht sagen: „das Atom ist ein Teilchen“, oder „es ist eine Welle“, sondern „es ist entweder Teilchen oder Welle, und ich entscheide durch meine experimentelle Anordnung, als was es sich manifestiert“.

Sollte demnach die Wirklichkeit von unserer Willkür abhängen? Nicht die Wirklichkeit, aber das Bild, unter dem wir sie begreifen. Wir können vom Atom nicht anders etwas erfahren als durch das Experiment; das Experiment ist aber eben eine Vergewaltigung der Natur. Wir zwingen gleichsam das Atom, uns seine Eigenschaften in einer unangemessenen Sprache mitzuteilen. Versuchen wir, die Art der Abweichung vom älteren Bild noch etwas genauer zu bestimmen.

Eigentlich versagt nicht die raumzeitliche Anschauung; denn wir erfahren ja vom Atom gar nichts anderes als raumzeitliche Meßergebnisse. Es versagt auch nicht, wie man wegen des Auftretens von Wahrscheinlichkeitsaussagen gemeint hat, das Kausalgesetz; denn durch jedes Experiment schaffen wir geschlossene Kausalketten. Es versagt aber die Einfügung dieser isolierten Anschauungsfragmente und Kausalketten in ein objektives Modell des Vorgangs; es versagt die „Objektivierbarkeit der Natur“. Vielleicht darf man am ehesten von einem Versagen der Substanzkategorie reden; vielleicht sollte man aber lieber von der Notwendigkeit reden, unsere am Denken in Objekten gebildete Logik der neuen Lage anzupassen.

Auch diese Situation ist dem menschlichen Denken nicht völlig neu. Daß der Vorgang beobachtet werden muß, um bekannt zu sein, und gleichwohl durch die Beobachtung in seinem Wesen geändert wird, kennen wir aus den Schwierigkeiten der Selbstbeobachtung, in der das Subjekt des Erkennens zu dessen Objekt wird (B o h r). Vielleicht findet sich in der Philosophie des deutschen Idealismus, der die Begrenzung des Objektivbegriffs durch die Reflexion des Denkens auf sich selbst erkannt hat, etwas von dem notwendigen logischen Rüstzeug für die Bearbeitung dieser Fragen. Dieses „Vielleicht“ aber bezieht sich nur auf die philosophische Verarbei-

tung; daß physikalisch der heutige Zustand der Atomphysik keine andere Deutung als die hier gegebene zuläßt, steht fest.

8. Folgerungen. Gegen diese Ergebnisse haben sich, ebenso wie früher gegen die verwandten, aber weniger radikalen Ergebnisse der Relativitätstheorie, viele Physiker instinktiv zur Wehr gesetzt. Es sei als erstes gesagt, daß diese Gegenwehr sehr begreiflich ist. Wer sie zu leicht nimmt, zeigt dadurch nur, daß er vermutlich selbst noch nicht erkannt hat, wie tief der Bruch mit dem bisherigen Programm der Physik ist, der von ihm verlangt wird. Die physikalischen Gründe dafür, daß der Bruch heute als endgültig angesehen werden muß, können hier nicht vorgelegt werden. Was wir aber folgern sollen, wenn wir ihn als unvermeidlich anerkannt haben, das können wir prüfen.

Sollten wir nur mit Widerwillen lernen, daß es falsch war, die Urbestandteile der Materie der Mechanik der Tische, Stühle und Billardkugeln zu unterwerfen? Lag in diesem Programm nicht dieselbe Naivität gegenüber der Wirklichkeit wie in allen voreiligen Verallgemeinerungen des „physikalischen Weltbildes“? Was uns unbefriedigt läßt, ist auch im Grunde nicht, daß die alten Anschauungen versagen, sondern daß an ihre Stelle nichts unmittelbar verständliches Neues tritt. Verzichten wir darauf, ein Lebewesen wie eine Maschine zu erklären, so bleibt uns immer das unmittelbare Partnerverhältnis zu ihm als Entschädigung; das Entsprechende fehlt uns bei den Atomen. So empfinden wir die Aufgabe des eigentlichen Verständnisses der Atome noch als ungelöst. Sie mag es sein; dann liegt der Fehler aber nicht in den Sätzen der Physik, sondern in unserem Verständnis dieser Sätze. Die Sätze sind abstrakt mathematisch gefaßt. Ver-

gleichen wir sie etwa einer Notenschrift. Wer nicht Noten lesen kann, dem ist sie tot; wer sie aber versteht, der hört aus ihr die Melodie und erkennt nun erst die innere Notwendigkeit, die diese Zeichen verband. Nach dieser inneren Notwendigkeit der neuen Physik haben wir zu suchen, aber nicht in der Form eines Anschlusses an überholte Bilder, sondern indem wir ihre Funktion im großen Prozeß unserer Erkenntnis verstehen.

Welches ist diese Funktion der neuen Physik in der Erkenntnisentwicklung? Unsere Betrachtungen, die mit Fragen begonnen haben, münden damit wieder in eine Frage aus. Eine vollgültige Antwort wird weder ein einzelner Mensch noch auch nur eine einzelne Wissenschaft geben können. Die Atomphysik wird sich freilich in den nächsten Jahrzehnten experimen-

tell und theoretisch weiter vervollkommen und schließlich technische Anwendungen finden; sie wird sich dadurch einen ähnlichen Platz in der Praxis des menschlichen Zusammenlebens erwerben, wie ihn die klassische Physik schon besitzt. Die grundsätzliche Frage aber, die wir stellen, setzt zum wenigsten die Zusammenarbeit von Physik und Philosophie voraus. Sie stellt sich damit hinein in den Zusammenhang der vielen Fragen, die sich heute an den Grenzen der Wissenschaften gegeneinander und aller Wissenschaften gegen das Leben erheben, und die alle zum Thema die organische Einheit des Wissens haben, welche selbst ein Teil der größeren Einheit des Lebens ist. Diese Fragen können nur im tätigen Zusammenwirken mehrerer angegriffen werden, denn die Vereinigung auch nur des wichtigsten Wissens unserer Zeit in einem Kopfe ist unmöglich geworden. Den Ergebnissen dieser Bemühung wollen wir hier nicht mit Vermutungen vorgreifen. Es genügt, wenn etwas von der Haltung deutlich geworden ist, in der einige Vertreter der heutigen Physik bereit sind, in die Zusammenarbeit einzutreten.

Vielleicht darf zusammenfassend soviel gesagt werden:

Ein „Weltbild“ ist zerstört, gründlicher, als man hätte erwarten können. Das ist kein Unglück, sondern eine heilsame Lehre. Ein Weltbild ist mehr als eine wissenschaftliche Theorie; es soll, wenigstens symbolisch, das Ganze der Wirklichkeit umfassen. Diese Berücksichtigung des Ganzen ist, von den beweisbaren Einzelerkenntnissen aus gesehen, stets ein Glaube; es ist der Glaube, der die Voraussetzung unseres Lebens ist. Auch das alte physikalische Weltbild versuchte, das Ganze darzustellen, aber mit unzureichenden Mitteln, und darum mußte es scheitern. Die Physik war aber die erste Wissenschaft von der Natur, die ein geschlossenes System besaß, und so spielte sie unabhängig von dem „Weltbild“ gleichsam die Rolle eines Mustergutes unter den Wissenschaften. Vielleicht fällt ihr diese Rolle jetzt in einem neuen Sinne zu. Die neue Physik ist das erste geschlossene, mit mathematischer Exaktheit faßbare System einer Naturerkenntnis jenseits der Grenzen des mechanischen Weltbildes. Tun wir das unsere, daß sie sich dieser Rolle als würdig erweist.

[S. 86 – 89: **Grenzen der Objektivierbarkeit**]

3. *Objektivierbarkeit.* Jede Beobachtung setzt eine Kausalkette voraus und liefert ein anschauliches Ergebnis. Wir können nur eines nicht mehr: die einzelnen Anschauungsfragmente und Kausalketten zum Modell einer an sich seienden Natur zusammenfügen. Vielmehr hängt es von unserer frei gewählten experimentellen Anordnung ab, welche der zueinander „komplementären“ Seiten der Natur wir zu Gesicht bekommen, und die Kenntnis eines Sachverhaltes schließt die Kenntnis des dazu komplementären Sachverhaltes aus.

Wir werden nun vor die Kardinalfrage der Quantenmechanik gestellt: Handelt es sich dabei um Schwierigkeiten unserer Kenntnisnahme oder des Begriffs der objektiven Natur selbst? Darf man voraussetzen, daß die uns jeweils unbekannt bleibenden Bestimmungsstücke an sich existieren und nur „verborgen“ sind, oder darf man das nicht voraussetzen? Die heutige Fassung der Quantenmechanik entscheidet sich für die zweite Antwort. Sie leugnet die Existenz verborgener Parameter; zwar nicht dann, wenn die Unkenntnis lediglich auf dem Verzicht auf eine an sich quantenmechanisch mögliche Kenntnisnahme beruht, aber dann, wenn die unbe-

kannte Größe wegen der zu genauen Kenntnis einer zu ihr komplementären Größe nicht bekannt sein kann. Dies ist keine leere Behauptung, sondern ein Satz mit bestimmten logischen Konsequenzen. Es

habe z. B. ein unbekanntes Bestimmungsstück X nur zwei mögliche Werte x und y, d. h. bei einer Messung von X sollen nur diese beiden Meßresultate möglich sein. Es soll ferner eine Behauptung A geben, die falsch ist, sowohl wenn die Messung von X den Wert x, wie wenn sie den Wert y ergeben hat. Dann dürfte aus der Annahme, die unbekanntes Werte existieren an sich, gefolgert werden: „X hat sicher entweder den Wert x oder den Wert y; in beiden Fällen ist A falsch; also ist A sicher falsch.“ Diese Folgerung ist aber nach der Quantenmechanik falsch, denn A kann z. B. die Aussage sein: die zu X komplementäre Größe Z hat den bestimmten Wert z (d. h. bei einer Messung von Z wird man mit Gewißheit den Wert z finden). Diese Aussage ist nach der Quantenmechanik falsch, wenn X überhaupt einen bestimmten Wert hat, sie ist aber richtig, wenn man unter Verzicht auf die Messung von X die Größe Z gemessen und den Wert z gefunden hat.

Unser Beispiel hat uns auf eine fundamentale logische Eigenschaft der Quantenmechanik geführt. In ihre Aussagen geht die Kenntnis, die wir von der Natur haben, explicite ein. So ist in unserem Beispiel, wenn X bekannt ist, der Satz „Z hat sicher den Wert z“, oder, anders ausgedrückt, „ich weiß, daß Z den Wert z hat“, falsch, dagegen der bloße Satz „Z hat den Wert z“ weder falsch noch richtig, sondern ungewiß, denn bei einer Messung von Z könnte ja der Wert z herauskommen. Es ist der entscheidende Unterschied der Quantenmechanik von der klassischen Physik, daß sie ihre Sätze gar nicht aussprechen kann, ohne die Art der Kenntnis mit auszudrücken.

Diese Feststellung ist von der Praxis der Physik aus ebenso natürlich, wie sie vom Weltbild nicht nur der klassischen Physik, sondern auch der Philosophie aus revolutionär ist. Eine vollständige experimentelle Aussage, so wie sie im Versuchsprotokoll steht, lautet schematisiert: „Ich habe an diesem Versuchsobjekt unter diesen Versuchsbedingungen diesen Zustand beobachtet.“ Die Hypothese der klassischen Physik lautet, daß dieser Satz stets ersetzt werden dürfe durch den Satz: „An diesem Versuchsobjekt besteht dieser Zustand“, und daß Sätze der letztgenannten Art notwendigerweise entweder richtig oder falsch sein müßten, einerlei, ob es einen Menschen gibt, der weiß, ob sie richtig oder falsch sind. Diese Hypothese hat sich in der älteren Physik stets bewährt. Sie entspricht darüber hinaus einem Grundmotiv fast aller Wissenschaft und Philosophie: dem Glauben/

an ein objektives Vorhandensein der Gegenstände unserer Erkenntnis. Zwar kann man nicht leugnen, daß jeder empirische Sachverhalt ein vom Menschen gewußter Sachverhalt ist. Aber man wünscht aus diesem Satz keine in die Struktur unseres Wissens selbst eingreifenden Folgerungen zu ziehen. Der Streit der philosophischen Systeme ging höchstens darum, ob der Satz für unseren allgemeinen Begriff von der Wirklichkeit von Bedeutung sei oder nicht. D. h. man setzte voraus, daß man ohne Änderung der begrifflichen Struktur der Wissenschaft über ihre Objekte, von denen wir wissen, reden könne, ohne ausdrücklich Bezug darauf zu nehmen, daß wir sie wissen; und man diskutierte nur, welchen Sinn die daraus von der naiven Wissenschaft gezogene Folgerung habe, daß die Objekte unabhängig von unserem Wissen „wirklich“ existieren. Die Quantenmechanik hingegen leugnet schon die Voraussetzung dieser Diskussion. Die neue Basis der Quantenmechanik versuchen wir nun formal-logisch und ontologisch noch genauer zu charakterisieren.

Formal-logisch gesehen verwendet die Quantenmechanik einen mehrwertigen Wahrheitsbegriff, in dem eine Aussage neben den Wahrheitswerten „wahr“ und „falsch“ den Wahrheitswert „unbestimmt“, und zwar mit der und der Wahrscheinlichkeit, wahr zu sein“, haben kann. Sei etwa A eine Aussage über einen bestimmten konkreten Sachverhalt. Dann hat die volle experimentelle Aussage die Form: „Ich weiß, daß A gilt.“ Die klassische Physik arbeitet statt dessen nur mit „objektiven“ Sätzen der Form: „A gilt.“ Die volle experimentelle Aussage läßt zwei Arten der Negation zu: die Negation des objektiven Satzes: „Ich weiß, daß A nicht gilt“ und die Negation des Wissens: „Ich weiß nicht, ob A gilt.“ Für die klassische Physik ist von diesen beiden Negationen nur die Negation des objektiven Satzes eine wirkliche Aussage über die Natur. Die Negation des Wissens hingegen kann nach ihr umgeformt werden in den Satz: „A gilt oder A gilt nicht; und ich weiß nicht, welches von beiden zutrifft.“ Für die Quantenmechanik hingegen kann der objektive Satz „A gilt“ im allgemeinen überhaupt nur sinnvoll ausgesprochen werden, wenn die volle experimentelle Aussage „Ich weiß, daß A gilt“ zutrifft. Für die Quantenmechanik sind weiterhin die volle experimentelle Aussage und ihre beiden Negationen drei einander gleichgeordnete Aussagen über die Na-

tur. Die klassische Umformung der Negation des Wissens ist falsch; an ihrer Stelle gilt als Folgerung aus der Negation des Wissens der Satz: „Weder gilt A noch gilt A nicht.“/

Ontologisch bedeutet dies, daß der Begriff des Objekts nicht mehr ohne Bezugnahme auf das Subjekt der Erkenntnis verwendet werden kann. Freilich wird nicht das empirische Subjekt mit seinen Affekten und seinem persönlichen Schicksal in die Physik eingeführt, sondern es gehen nur zwei Grundfunktionen des Bewußtseins in jeden Satz der Naturbeschreibung ein: Wissen und Wollen. Dies wird vielleicht am deutlichsten aus dem Satz, daß die Psi-Funktion die Wahrscheinlichkeit für jeden möglichen Ausfall jedes möglichen Experiments angibt. Das erste „möglich“ drückt ein Nichtwissen aus; möglich ist ein Vorgang, von dem ich weder weiß, daß er eintreten wird, noch weiß, daß er nicht eintreten wird. Das zweite „möglich“ hingegen drückt ein Wollenkönnen, ein Vermögen aus; möglich ist ein Experiment, das ich entweder ausführen oder unterlassen kann. Es gehört zum quantenmechanischen „Nichtwissen“, daß ich das Nichtgewußte grundsätzlich jederzeit wissen kann, wenn ich nur will. Die einzige Bedingung, welche die Komplementarität der verschiedenen Fragestellungen auferlegt, ist, daß ich, wenn ich etwas Bestimmtes wissen will, auf das dazu komplementäre Wissen verzichte. Die Grenze zwischen dem Gewußten und dem Nichtgewußten ist also selbst nichts „Objektives“, sondern ich kann sie nach meiner Willkür legen, wohin ich will; nur zum Verschwinden bringen kann ich sie nicht. —

[S. 309 – 311 : **mehrwertige Logik**]

6. Einige logische und ontologische Grundbegriffe

Wir versuchen nun eine logische Terminologie festzulegen, die wenigstens einen Teil der Bedeutung der komplexen Wahrheitswerte in eine Sprache überseht, die an die traditionellen logischen Begriffe anknüpft. Wir beginnen mit den Begriffen wahr und falsch selbst. Die einzige natürliche Weise, sie beizubehalten, ist wohl in der folgenden Definition gegeben:

Wahrheit: Eine elementare Aussage heißt wahr, wenn ihre Wahrscheinlichkeit 1 ist.

Falschheit: Eine elementare Aussage heißt falsch, wenn ihre Wahrscheinlichkeit 0 ist.

Natürlich sollen diese Definitionen nicht die Begriffe Wahrheit und Falschheit erklären; das wäre zirkelhaft, da wir den Begriff der Wahrscheinlichkeit voraussehen. Sie sollen nur im ursprünglichen Sinn des Wor-/

tes de-finitio abgrenzen, wo wir sie brauchen wollen und wo nicht. Mit diesen Definitionen ist die Mehrwertigkeit unserer Logik festgestellt. Die nächste Definition lautet sinngemäß:

Unentschiedenheit. Eine elementare Aussage heißt unentschieden, wenn sie weder wahr noch falsch ist.

Dies erfordert einen ausführlichen Kommentar. Warum haben wir die Definition auf elementare Aussagen beschränkt? Diese sind nach Diracs Ausdrucksweise durch Maximalbeobachtungen bestimmt, d. h. durch Informationen, die so viel über die in Rede stehenden Observablen aussagen, als ohne Verletzung der Komplementarität ausgesagt werden kann. Nur für sie hat das „wenn“ in den Definitionen den Sinn der logischen Äquivalenz, darf also als „genau wenn“ oder „wenn und nur wenn“ verstanden werden. In der klassischen Logik würde man ja sagen, Wahrscheinlichkeit bedeute ein Nichtwissen. Dann wäre zwar eine Aussage, die die Wahrscheinlichkeit 1 hat, sicher wahr, eine Aussage mit einer kleineren, aber von 0 verschiedenen Wahrscheinlichkeit könnte aber noch immer wahr sein; nur wüßten wir das nicht sicher. Unsere Definitionen enthalten also schon die quantenmechanische Grundthese, daß die Wahrscheinlichkeitsaussagen für reine Fälle nicht eine Folge des Nichtwissens eines objektiv bestehenden Zustandes sind. Das Nichtwissen wird in der Logik der Gemenge (7. Abschnitt) berücksichtigt. Erst diese wird daher eine allgemeine Logik sein. Eine spezielle Logik der reinen Fälle, wie wir sie hier betreiben, ist eigentlich die logische Formulierung gewisser Eigenschaften des Seienden, also ontologischer Sachverhalte. Da andererseits die Logik der Gemenge, so wie wir sie hier aufbauen, auf der der reinen Fälle beruht, erscheinen wenigstens in unserer Darstellungsweise die ontologischen Sätze als die Voraussetzung der logischen. Wir wollen daher eine der logischen zugeordnete ontologische Sprechweise einführen:

Wirklichkeit und Möglichkeit: Ein Zustand heiße wirklich, wenn die Aussage, daß er bestehe, wahr ist. Er heiße möglich, wenn es nach der Physik vorkommen kann, daß er wirklich ist. Er heiße nur-möglich, wenn die Aussage, daß er bestehe, unentschieden ist. Er heiße nicht-verwirklicht, wenn die Aussage, daß er bestehe, falsch ist.

„Zustand“ bezeichnet hier einen reinen Fall. Das Vorkommen der Worte „bestehen“ und „können“ zeigt, daß auch diese Definitionen ein Verständnis der definierten Begriffe schon voraussehen und nur eingrenzen. Das Wesentliche der Begriffe „unentschieden“ und „möglich“ tritt hervor, wenn/

wir nun die folgenden weiteren Definitionen und Sätze aufstellen, für die wir auf Beweise verzichten wollen.

Entschiedenheit. Eine elementare Aussage heiße entschieden, wenn sie nicht unentschieden ist.

Komplementarität. Zwei elementare Aussagen heißen komplementär, wenn sie nicht gleichzeitig entschieden sein können.

In der Quantenmechanik gilt der

Satz der Komplementarität. Zu jeder elementaren Aussage gibt es komplementäre elementare Aussagen.

Identität. Sind zwei elementare Aussagen quivalent, d. h., sind sie immer und nur zugleich wahr, so bezeichnen sie denselben Zustand.

Koexistenz. Sind zwei elementare Aussagen komplementär, so sollen die durch sie bezeichneten Zustände koexistent heißen.

Der Begriff der Koexistenz drückt in aller Schrfe die quantenmechanische Ontologie aus, genau wie Diracs Begriff der bereinstimmungswahrscheinlichkeit zweier Zustände.