



## **4 – Erkenntnistheorie und Quantenphysik**

1. Die Veränderungen des Weltbildes der modernen Physik haben dazu geführt, dass das Verhältnis von (erkennendem) Subjekt und (erkanntem) Objekt neu bestimmt wurde: Die cartesianische Trennung von res cogitans und res extensa ist nicht länger aufrecht zu erhalten. Dies gilt nicht allein für die Theoriebildung (gegen Sensualismus, Positivismus), sondern insbesondere für den experimentellen Vollzug. Dabei gilt zum einen der aus der Hermeneutik bekannte Zirkel, dass schon die „Fragestellung“ (Anordnung im Labor) die möglichen Antworten eingrenzt. Zum anderen aber gilt aufgrund der quantentheoretischen Unschärfe und „Verschränkung“, dass erst die experimentelle Messung einen bestimmten Zustand festlegt und damit erkennbar werden lässt. Die „Wirklichkeit“ außerhalb des Experimentes erscheint quantenphysikalisch als reine „Potentialität“. Dies wird mathematisch als Ausdruck der Wahrscheinlichkeit eines bestimmten Zustandes interpretiert (Wellenfunktion = Wahrscheinlichkeitswelle). Dies offenbart einen grundsätzlichen Charakter der beobachteten Natur und ist keine bloße Mangelhaftigkeit des experimentellen Vollzugs.
2. Zur Beschreibung der nicht-klassischen quantenphysikalischen Gegebenheiten z. B. des sogenannten „Welle – Teilchen – Dualismus“, aber auch der Unmöglichkeit, Ort und Impuls eines Teilchens zur selben Zeit zu bestimmen (Heisenbergsche Unschärferelation), ist das Gedankenmodell der Komplementarität geprägt worden (Kopenhagener Deutung, Niels Bohr). Hiermit wird versucht, in 'normaler' Sprache auszudrücken, was sich nur im mathematischen Formalismus widerspruchsfrei darstellen lässt: Die Wirklichkeit der Natur zeigt Erscheinungen, die für klassisches Verständnis widersprüchlich sind. Wellenform und konkretes Teilchen schließen sich für unsere Vorstellung aus, sind aber als komplementäre Erscheinungsweisen der physikalischen Wirklichkeit zu begreifen. Materie und Energie sind ineinander umwandelbar und austauschbar; sie verhalten sich wie Wirklichkeit zu Möglichkeit, wie experimentelle Realität zur quantenphysikalischen Potentialität.
3. Physiker wie Werner Heisenberg betonen das Problem, die physikalischen Erscheinungen und mathematischen Formen der Quantenphysik in herkömmlicher Sprache auszusagen, d.h. sie begrifflich zu 'verstehen'. Normale Sprache denkt klassisch, anschaulich, begrifflich. Quantenphysik ist nicht mehr anschaulich und nicht determiniert wie die klassische Mechanik Newtons. Deren Begriffe haben nur noch eine begrenzte Anwendungsmöglichkeit. Klar bestimmbar sind die Erscheinungen auf atomarer Ebene nur mittels des mathematischen Formalismus. Begrifflich bleiben hier aber die Grundtatsachen unbestimmt, gelten nur näherungsweise bzw. statistisch als Wahrscheinlichkeiten und praktisch als Möglichkeiten. In der Annäherung an unsere Welt 'normaler' Größenordnungen gehen die quantenmechanischen Effekte gegen Null, d.h. sie können vernachlässigt werden: Es gilt hier praktisch wieder die Newtonsche Physik. Man versteht darum die klassische Mechanik als Grenzfall der Quantenmechanik, oder anders gesagt: Die Quantenphysik enthält die klassische Physik in sich, geht aber weit über sie hinaus.
4. Wie die Relativitätstheorie das Denken von Raum und Zeit 'verflüssigt' und das Kantische Apriori der Anschauungsformen aufhebt, so 'verflüssigt' die Quantentheorie die Kausalität und eindeutige Determiniertheit physikalischer Prozesse. Anstelle von klaren Bestimmtheiten geht es um Wahrscheinlichkeiten, anstelle von begrifflicher Eindeutigkeit ist von Komplementarität die Rede, anstelle einer objektiven Realität erscheint ein Feld von Potentialitäten, die sich ständig realisieren und wieder aufheben können. So wie sich Materieteilchen in Energieimpulse verwandeln, so 'kondensiert' aus Energiefeldern die ausgedehnte Materie unserer Welt. Die Raumzeit selber entsteht erst in diesem Prozess der Materialisierung und ist nur wegen des Entropie-Gesetzes unumkehrbar ausgerichtet (Zeitpfeil).

So lernen wir das Phänomen Zeit und ihre Unumkehrbarkeit ganz neu zu denken und ebenso auch den Raum, der allererst durch die Materie selber 'aufgespannt' wird. Damit zwingt uns die moderne Physik zu einem Neudenken der kategorialen Bestimmungen unseres Weltbildes. Nichts ist mehr so fest gefügt, wie es ehemals schien!

5. Viele der Physiker des 20. Jahrhunderts sahen sehr genau die Konsequenzen für das Denken, für die Fragen nach Wahrheit und Wirklichkeit unserer Erkenntnis und unserer Beziehung zur Natur und versuchten, einige vorläufige Antworten zu geben. Besonders oft wurde das Verhältnis von Naturwissenschaft und Religion, von Natur und Geist, thematisiert. Niels Bohr, Wolfgang Pauli, Werner Heisenberg und andere gaben in Aufsätzen dazu eine Vielzahl von Anstößen und Anregungen. So legten sie es durchaus nahe, auch im Verhältnis von Geist und Natur, von Religion und Naturwissenschaft von „Komplementarität“ zu sprechen: von zwei verschiedenen Annäherungen des menschlichen Strebens, Sinnens und Tuns an die eine umfassende Wirklichkeit. Religion und Naturwissenschaft erscheinen dann wie zwei Seiten einer Medaille, die sich keineswegs ausschließen, sondern als komplementäre Verhaltensweisen Welterfahrung spiegeln. Auch im Blick auf das Verhältnis von Biologie und der Erfassung dessen, was 'Leben' ist, schien sich das Denkmodell der Komplementarität anzubieten – und außerdem die Frage, ob vielleicht wie in der Quantenphysik von der Sache her eine genaue, biochemische Bestimmung dessen, was Leben ist, im Labor unmöglich sein könnte. Aufzufinden ist immer nur ein „totes“ Substrat: Die DNA selber ist ein komplexes Molekül, kein Lebewesen. Und noch einmal wird die neue Weltsicht angewandt auf die Hirnforschung und auf die Frage, ob es denn dem forschenden Geist überhaupt möglich sein könne, die Subjekt – Objekt – Verschränkung zu überwinden, wenn sich das menschliche Bewusstsein in einer 'theory of mind' selber zum Gegenstand naturwissenschaftlicher Erklärung machen wolle.
6. Es ist kein Zufall, dass sich mehrere Physiker philosophierend den eher ganzheitlich-komplementären Denkformen der asiatischen Kulturen zu wandten (Schrödinger, von Weizsäcker, Dürr). Es zeigt sich darin die Suche nach einem besseren Verständnis, nach einer größeren Angemessenheit der Sprache, Begriffe und Denkformen für eine Welt und Natur, die sich eben nicht mehr einfach in 'Geist' und 'Materie' auseinander dividieren lässt, ja die überhaupt die klare und eindeutige Bestimmtheit vermissen lässt. Heisenberg weist auf die Nähe der unklaren Begrifflichkeit der Quantenphysik zum Wirklichkeitssinn der Kunst hin: die Laboranalyse eines gemalten Bildes bringt alles Mögliche zu Tage, nur nicht das eigentliche Kunstwerk. Und so wie die Sprache der Literatur eine weite und schillernde Begrifflichkeit habe mit offenen Rändern und uneindeutigen Beziehungen, so zeige sich auch die Sprache der Physik gegenüber der Wirklichkeit sehr viel unschärfer und intuitiver, als das 'klassische' Weltbild der Physik es nahe legte. Bleibt noch zu bedenken, wieweit die abstrakten Formeln und Funktionen der Mathematik, die doch die (quanten-) physikalischen Erscheinungen so gut zu treffen scheinen, das Naturgeschehen selber erreichen oder doch nur wieder ein wenngleich äußerst abstraktes Bild in der Sprache mathematischer Symbole zeichnen. Aber vielleicht findet Werner Heisenberg dazu den passenden Gedanken, wenn er die Suche aller Naturwissenschaft im Entdecken des Schönen in den einfachsten Grundformen der Wirklichkeit am Ziele sieht, das ehrfürchtig zu bestaunen sie mit aller Kultur, mit Kunst, Religion und Philosophie, teilt.

### **Texthinweis:**

Werner Heisenberg, Die Bedeutung des Schönen in der exakten Naturwissenschaft, in: Quantentheorie und Philosophie, Reclam, S. 91 - 114

## Werner Heisenberg Texte

aus: Physik und Philosophie, Stuttgart 72007

[153 - 157]

Wenn man nun noch einmal auf die verschiedenen geschlossenen Begriffssysteme zurückblickt, die in der Vergangenheit gebildet worden sind und möglicherweise in der Zukunft noch mit dem Ziel gebildet werden, unseren Weg durch die Welt mittels wissenschaftlicher Forschung zu bahnen, so erkennt man, daß sie scheinbar nach einem wachsenden Anteil des subjektiven Elements in dem Begriffssystem angeordnet sind. Die klassische Physik kann als die Idealisierung betrachtet werden, bei der wir über die Welt als etwas von uns selbst völlig Unabhängiges sprechen. Die ersten drei Begriffssysteme entsprechen dieser Idealisierung. Nur das erste dieser Systeme entspricht ganz dem a priori der Kantschen Philosophie. In dem vierten Begriffssystem, dem der Quantentheorie, tritt der Mensch als das Subjekt der Wissenschaft durch die Fragen auf, die an die Natur gerichtet werden und die in den a priorischen Begriffen der menschlichen Naturwissenschaft gestellt werden müssen. Die Quantentheorie läßt/

keine völlig objektive Beschreibung der Natur mehr zu. In der Biologie mag es sich für ein vollständiges Verständnis als wichtig erweisen, daß die Fragen durch die Spezies Mensch gestellt werden, die selbst wieder zu den lebendigen Organismen gehört, - mit anderen Worten, daß wir schon wissen, was Leben ist, selbst bevor wir es wissenschaftlich definiert haben. Aber man sollte vielleicht nicht in Spekulationen eintreten über die mögliche Struktur von Begriffssystemen, die noch gar nicht gebildet worden sind.

Wenn man diese Ordnung oder Anordnung mit älteren Klassifizierungen vergleicht, die zu früheren Epochen der Naturwissenschaft gehörten, so erkennt man, daß man jetzt die Welt nicht in verschiedene Gruppen von Objekten eingeteilt hat, sondern in verschiedene Gruppen von Verknüpfungen. In einer früheren Periode der Naturwissenschaft unterschied man z. B. die Mineralien, die Pflanzen, die Tiere, die Menschen. Diese Objekte wurden je nach ihrer Gruppe als von verschiedener Natur betrachtet, gebildet aus verschiedenem Material und bestimmt in ihrem Verhalten durch verschiedene Kräfte. Jetzt wissen wir, daß es letzten Endes immer die gleiche Materie, die gleichen verschiedenartigen chemischen Verbindungen sind, die zu jedem beliebigen Objekt gehören können, zu Mineralien ebenso wie zu Tieren oder Pflanzen. Auch die Kräfte, die zwischen den verschiedenen Teilen der Materie wirksam sind, unterscheiden sich nicht grundsätzlich in den verschiedenen Objekten. Was man wirklich unterscheiden kann, ist die Art der Verknüpfungen, die für gewisse Erscheinungen in erster Linie wichtig sind. Wenn wir z. B. über die Wirkung chemischer Kräfte sprechen, so meinen wir eine Art der Verknüpfung, die komplizierter/

ist, jedenfalls verschieden ist von der, die in der Newtonschen Mechanik ausgedrückt wird. Die Welt erscheint in dieser Weise als ein kompliziertes Gewebe von Vorgängen, in dem sehr verschiedenartige Verknüpfungen sich abwechseln, sich überschneiden und zusammenwirken und in dieser Weise schließlich die Struktur des ganzen Gewebes bestimmen.

Wenn wir eine Gruppe von Verknüpfungen durch ein geschlossenes und zusammenhängendes System von Begriffen, Axiomen, Definitionen und Gesetzen beschreiben, das seinerseits wieder dargestellt werden kann durch ein mathematisches Schema, so haben wir diese Gruppe von Verknüpfungen tatsächlich isoliert und idealisiert mit dem Ziel der wissenschaftlichen Durchleuchtung. Aber selbst, wenn man vollständige Klarheit erreicht hat, so ist es doch immer noch nicht bekannt, wie genau dieses Begriffssystem auf die Wirklichkeit paßt.

Diese Idealisierungen kann man auch als einen Teil der menschlichen Sprache bezeichnen, die durch das Wechselspiel zwischen der Welt und uns selbst gebildet worden ist, eine menschliche Antwort auf die Forderungen der Natur. Unter diesem Gesichtspunkt kann man sie etwa mit den verschiedenen Kunststilen vergleichen, zum Beispiel denen der Architektur oder der Musik. Ein Stil kann als ein System formaler Regeln definiert werden, die auf das Material einer speziellen Kunst angewandt werden. Diese Regeln können zwar in einem strengen Sinne wohl nicht durch ein System mathematischer Begriffe und Gleichungen dargestellt werden; aber ihre Grundelemente sind doch den Grundelementen der Mathematik oder der mathematischen Naturbeschreibung sehr eng verwandt. Gleichheit/

und Ungleichheit, Wiederholung und Symmetrie, gewisse Gruppenstrukturen spielen in der Kunst ebenso wie in der Mathematik eine fundamentale Rolle. Gewöhnlich bedarf es des Werkes einiger Generationen, um das formale System zu entwickeln, das später der Stil der Kunst genannt wird, um es von seinen einfachen Anfängen zu dem Reichtum komplizierter Formen zu führen, der seine Vollendung charakterisiert. Das Interesse des Künstlers konzentriert sich auf diesen Kristallisationsprozeß, bei dem das Material der Kunst durch seine Tätigkeit die verschiedenen Formen annimmt, die durch die ersten formalen Begriffe der Stilart angeregt worden sind. Nach der Vollendung muß das Interesse wieder schwinden; denn das Wort ‚Interesse‘ bedeutet, ‚bei etwas dabei sein‘, an einem Lebensprozeß teilnehmen. Aber dieser Prozeß ist ja dann an sein Ende gekommen. Auch hier kann nicht aus den formalen Regeln selbst entschieden werden, wie weit die Regeln des Stils jene Realität des Lebens darstellen, die in der Kunst gemeint ist. Kunst ist immer eine Idealisierung; das Ideal ist verschieden von der Wirklichkeit - wenigstens von der Wirklichkeit der Schatten, wie Plato gesagt haben würde -, aber die Idealisierung ist eine notwendige Voraussetzung für das Verständnis.

Dieser Vergleich zwischen den verschiedenen Begriffssystemen in der Naturwissenschaft und verschiedenen Stilarten der Kunst mag als sehr abwegig erscheinen, wenn man die Stilarten als ziemlich willkürliche Produkte des menschlichen Geistes ansieht. Man könnte dann etwa argumentieren, daß die verschiedenen Begriffssysteme in der Naturwissenschaft die objektive Wirklichkeit darstellen, die uns die Natur gelehrt habe, daß sie deshalb keine/

Willkür enthielten und im Gegenteil die notwendige Folge unseres immer weiter anwachsenden experimentellen Wissens über die Natur darstellen. Hierüber wären wohl die meisten Naturwissenschaftler einig. Aber sind die verschiedenen Stilarten in der Kunst ein willkürliches Produkt des menschlichen Geistes? Auch hier darf man sich nicht durch die Cartesianische Teilung irreführen lassen. Der Stil entsteht aus dem Wechselspiel zwischen der Welt und uns selbst oder genauer, zwischen dem Geist der Zeit und dem Künstler. Der Geist der Zeit ist wahrscheinlich ein ebenso objektives Faktum wie irgendeine Tatsache der Naturwissenschaft, und dieser Geist bringt gewisse Züge der Welt zum Vorschein, die selbst von der Zeit unabhängig sind und in diesem Sinne als ewig bezeichnet werden können. Der Künstler versucht in seinem Werk, diese Züge verständlich zu machen, und bei diesem Versuch wird er zu den Formen des Stils geführt, in dem er arbeitet.

Daher sind die beiden Prozesse in der Wissenschaft und der Kunst nicht allzu verschieden. Wissenschaft und Kunst bilden im Laufe der Jahrhunderte eine menschliche Sprache, in der wir über die entfernteren Teile der Wirklichkeit sprechen können, und die zusammenhängenden Begriffssysteme sind ebenso wie die verschiedenen Kunststile gewissermaßen nur verschiedene Worte oder Wortgruppen in dieser Sprache.