

**Ich will mir eine Vorstellung machen von der Natur,
ich will wissen.**

Quantentheorie und Erkenntnis der Natur

Eine Vorlesung "von" Moritz Schlick (1936)

Wir stimmen wohl alle darin überein, daß Naturerkennen heißt: Naturgesetze aufstellen. Und wir sind wohl auch darin einig, daß wir unter einem Naturgesetz eine Formel verstehen, die uns erlaubt, Ereignisse vorauszusagen. Die Welt ist also genau so weit erkennbar oder begreifbar, als es möglich ist, gültige Prophezeiungen über ihr Verhalten zu machen. Wie immer man nun auch die Folgerungen formulieren möge, die sich aus der Quantentheorie für das Kausalprinzip ergeben, so ist es doch sicher, daß diese Theorie die Möglichkeit der Voraussagung physikalischer Vorgänge in ganz bestimmter Weise einschränkt. Die Quantenphysik lehrt unerbittlich: die exakte Vorausberechnung künftiger Ereignisse in allen Einzelheiten ist prinzipiell unmöglich. Sie setzt also der Erkennbarkeit der Natur eine unübersteigbare Grenze. Es ist eben die Grenze der Möglichkeit kausaler Vorherbestimmung.

Der Mensch ist ein merkwürdiges Wesen: Einerseits erfüllt jeder Fortschritt der Erkenntnis ihn mit hoher Freude und jede Möglichkeit eines weiteren Fortschritts begrüßt er hoffnungsvoll; andererseits aber verschafft es ihm oft eine geheime oder offene Befriedigung, wenn er erfährt, daß er nicht alles wissen kann, daß er auf eine restlose Erkenntnis der Welt verzichten muß. Er glaubt offenbar zu fühlen, daß die Lücken seiner Erkenntnis Platz lassen für seinen Glauben und gewissen Hoffnungen zugute kommen. In diesem Sinne haben einige Autoren die von der Quantenphysik aufgezeigten Lücken in der Kausalität begrüßt, weil sie meinten, dadurch Spielraum für gewisse metaphysische Lieblingsideen zu finden, wie die sogenannte Willensfreiheit oder die Annahme von geistigen Substanzen. Auch solche Forscher, die in keiner Weise zur Mystik oder Metaphysik neigen, haben gern und mit Nachdruck hervorgehoben, daß die Methoden und Ergebnisse der Quantenphysik geeignet seien, Licht zu werfen auf gewisse Fragen, welche die Philosophen beunruhigten, nämlich auf die Probleme der Abgrenzung des Subjektes vom Objekt, des Psychischen vom Physischen, des Organischen vom Anorganischen. Und zwar ist es gerade die eingeschränkte Anwendbarkeit des Kausalbegriffs, und folglich die Einschränkung der Erkennbarkeit

der Natur, aus der man Konsequenzen für jene philosophischen Fragen ziehen will.

In den folgenden Betrachtungen möchte ich die Bedeutung des Wortes **Unerkennbarkeit** im hier vorliegenden Zusammenhang präzisieren und dadurch naheliegende Mißdeutungen abwehren.

Wenn ein Philosoph in der Vergangenheit von "Grenzen des Erkennens" sprach, so geschah das im Tone der Resignation. Es bedeutete einen Hinweis auf ein Rätsel, das zwar eine Lösung hat, aber eine solche, deren Auffindung dem Menschen versagt ist.

Von ganz anderer Art aber ist die "Unerkennbarkeit" der Natur, welche die Quantentheorie behaupten muß. Die Unmöglichkeit einer uneingeschränkten Anwendung des Kausalprinzips, welche sie lehrt, bedeutet nicht eine zu beklagende Begrenzung menschlicher Erkenntnisfähigkeit, sondern drückt eine objektiv bestehende Eigenschaft der Natur aus, ein Naturgesetz, das allerdings keinem bisherigem gleicht. Wenn die Quantentheorie die Vorberechenbarkeit von Ereignissen innerhalb gewisser Grenzen prinzipiell leugnet, so heißt dies nicht, daß uns eine vollkommene Einsicht in bestehende Zusammenhänge im Prinzip verschlossen sei, sondern es heißt, **daß gewisse Zusammenhänge eben nicht bestehen**. Man hat oft darauf hingewiesen, daß der Begriff der Wahrscheinlichkeit in der Quantenphysik eine ganz andere Rolle spielt als etwa in der kinetischen Gastheorie. In der letzteren wird die Naturbeschreibung mit Hilfe statistischer Mittelwerte eingeführt, weil wir auf die, nach der Theorie mögliche, Einsicht in die feineren Molekularprozesse **verzichten**. In der Quantentheorie bedeutet die Wahrscheinlichkeitsbeschreibung nicht einen Verzicht, sondern sie ist hier die adäquate Beschreibungsmethode; es gibt nicht eine darüber hinausgehende Gesetzmäßigkeit der Elementarprozesse, die uns verborgen bliebe. Die Quantengesetze erheben den Anspruch auf eine vollständige, restlose Beschreibung der Natur in dem Sinne, daß sie im Prinzip alles sagen, was sich überhaupt in irgendeiner Sprache über irgendeinen Naturprozess sagen läßt.

Wenn wir sagen, daß nach den Prinzipien der Quantenphysik die Erkennbarkeit der Natur irgendwie begrenzt sei, so ist das niemals so zu verstehen, als ob jenseits der Grenze noch etwas liege, das uns verborgen bleiben müsse. Es handelt sich nicht um eine Grenze zwischen bekannten und ewig unbekanntem Naturgesetzen, sondern: **die Grenze der Erkennbarkeit ist**

zugleich die Grenze der Gesetzmäßigkeit der Natur.

Die Unbestimmtheitsrelationen der Quantentheorie werden oft so mißverstanden, als würde durch sie eine Subjektivität im philosophischen Sinne in die Naturbeschreibung eingeführt, also eine Abhängigkeit der Gesetze vom Geiste oder von der Willkür des Beobachters; in Wahrheit sind alle Aussagen der Theorie durch die Aufzeichnungen von Registrierapparaten zu verifizieren, haben also vollkommen objektiven Charakter. Der Umstand, daß alle Beobachtungsprotokolle definitive Ereignisse in Raum und Zeit beschreiben ist oft hervorgehoben worden, damit wird die Unentbehrlichkeit der "klassischen" Begriffe ersichtlich; in diese müssen die Begriffe der Quantentheorie schließlich immer dort ausmünden, wo die Theorie mit den Tatsachen der Erfahrung verglichen wird. Hier zeigt sich ein ernstes Problem.

Man braucht die quantentheoretischen Begriffe, um gewisse Erfahrungsdaten (die Versuchsbedingungen) mit gewissen anderen Erfahrungsdaten (die Versuchsergebnisse) verknüpfen zu können. Dabei stellt sich heraus, daß diese Verknüpfung nicht in völlig eindeutiger Weise möglich ist, und eben dies drücken wir aus, wenn wir von einer Preisgabe der strengen Kausalität sprechen. Die Unbestimmtheitsrelationen legen für die Versuchsergebnisse, also für die Werte der gemessenen Größen, einen ganz bestimmten Spielraum fest, dem objektive Bedeutung zukommt; sie betreffen nicht ein subjektives Nichtwissen.

Die populären Erläuterungen, durch die man das Wesen jener Relationen klarzumachen sucht, sind oft irreführend. Wenn man z.B. hört, daß es unmöglich sei, den Ort und den Impuls eines Elektrons gleichzeitig mit beliebiger Genauigkeit zu messen, so ist man geneigt zu glauben, daß das Elektron "in Wirklichkeit" wohl in jedem Augenblick einen ganz bestimmten Ort und Impuls besitze, daß man aber leider darauf verzichten müsse, beides genau kennen zu wollen. (Siehe die Erläuterungen anhand des Heisenberg-Mikroskops). In Wahrheit ist diese Argumentation, die von der Voraussetzung auszugehen scheint, daß dem Elektron ein Ort und eine Geschwindigkeit wirklich zukomme, so zu verstehen, daß eben diese Voraussetzung durch die Argumentation selber aufgehoben wird nach dem Prinzip, daß es sinnlos sei, von Größen zu sprechen, die grundsätzlich nicht feststellbar sind. Der Sinn des Arguments ist also der: einsehbar zu machen, daß die Begriffe "Ort" und "Impuls" auf ein Teilchen überhaupt nicht zusammen anwendbar sind. Um diese Sachlage auszudrücken, sagt man gewöhnlich, das Elektron habe

an sich weder einen bestimmten Ort noch eine bestimmte Geschwindigkeit, aber bei einem entsprechenden "Messereignis" trete es an einem bestimmten Ort auf. Es scheint, daß der bestimmte Ort durch die verwendete Messapparatur dem Teilchen aufgezwungen worden ist, während der Ort vorher "unbestimmt" gewesen sei.

Welcher Sinn kann überhaupt mit dem Adjektiv "unbestimmt" verbunden werden, wenn es, wie dies in der Quantentheorie geschieht, zur Charakterisierung objektiver Verhältnisse verwendet wird? Einen wirklichen Sachverhalt in gewisser Hinsicht als objektiv "unbestimmt" zu erklären, kann nur heißen, daß gewisse Sätze über ihn nicht wahr oder falsch, sondern sinnlos sind, und dies bedeutet, daß die in ihnen auftretenden Worte zur Bezeichnung jenes Sachverhaltes überhaupt nicht in Betracht kommen, in Bezug auf ihn der Bedeutung ermangeln. Es wäre also Unsinn, zu sagen: einem Elektron komme wohl z. B. ein Ort zu, aber eben ein unbestimmter. Man muß vielmehr sagen, daß der Begriff eines bestimmten Ortes auf ein Elektron i.A. nicht anwendbar ist (er ist mit der Definition des Begriffes "Punktquant" nicht verträglich). Die Nichtanwendbarkeit klassischer Begriffe bedeutet selbstverständlich keine Einschränkung der Erkennbarkeit der Naturvorgänge; wir haben ja statt ihrer die Quantenbegriffe, die eine restlose Naturbeschreibung liefern in dem Sinne, daß sie keine Lücken lassen, die eine Ergänzung zu einer kausalen Beschreibung im alten Sinne gestatten würden.

Wir haben uns also überzeugt, daß die Unbestimmtheitsrelationen der Quantenphysik nicht so aufgefaßt werden können, als ob sie einen undurchdringlichen Schleier bildeten, der uns dahinter liegende feinere Vorgänge verhüllte; aus ihnen kann kein Schluß auf die Unerkennbarkeit irgendwelcher Gebiete der Natur gezogen werden. Es gibt zwar viele Fragen, die aus praktischen, technischen Gründen niemals werden beantwortet werden, aber prinzipiell unlösbar ist eine Frage nur in dem einzigen Falle, daß sie gar keine Frage ist, daß es sich also um ein falsch gestelltes Problem handelt. Die Grenze der Erkennbarkeit ist nur dort, wo nichts mehr da ist, worauf eine Erkenntnis sich richten könnte. Wo die Quantentheorie eine Grenze der Kausalerkenntnis setzt, wo sie uns das Suchen nach weiteren Ursachen aufgeben heißt, da bedeutet das nicht, daß die weiteren noch vorhandenen Gesetzmäßigkeiten uns unbekannt bleiben müßten, sondern es bedeutet, daß weitere Gesetzmäßigkeiten im Rahmen dieser Theorie nicht bestehen.