

## 1. NATURPHILOSOPHIE

Wir haben uns daran gewöhnt, unsere philosophische Tradition mit Thales von Milet beginnen zu lassen, also mit Naturphilosophie, und Naturphilosophie ist in allen philosophischen Epochen der folgenden 2500 Jahre Teil der Philosophie gewesen. Im 20. Jahrhundert war diese Tradition praktisch abgerissen – jedenfalls unter dem Namen Naturphilosophie –, nachdem die idealistische und romantische Naturphilosophie des 19. Jahrhunderts endgültig vor dem Erfolg der Naturwissenschaft die Waffen gestreckt hatte. Heute findet man im Internet unter „Naturphilosophie“ neben Esoterischem nur noch Buchtitel und Veranstaltungen, die sich überwiegend mit der philosophischen Tradition (Aristoteles, Thomas von Aquin, Schelling, Hegel) beschäftigen, vereinzelt auch mit aktuellen Themen des Umgangs mit der Natur (Böhme, Meyer-Abich), und je einen Eintrag als Fach an den Hochschulen der Jesuiten, an der Universität Jena und an der Ruhr-Universität Bochum.

Die Tradition der Naturphilosophie war abgerissen

### 1.1 Was will Naturphilosophie?

Da es also zur Zeit kein etabliertes Fach Naturphilosophie gibt, sind wir relativ frei, dasjenige unter diesem Namen zu behandeln, was wir an philosophischen Überlegungen zum Thema „Natur“ für beachtenswert halten. Wir werden uns dabei zum Teil an historisch vorfindbaren Begriffen von Philosophie und von Natur orientieren, inhaltlich wollen wir uns vor allem auf die moderne Naturwissenschaft stützen. Dabei wird es notwendig, diese philosophische Beschäftigung mit Naturwissenschaft abzugrenzen von anderen: Naturwissenschaft ist ja in vieler Hinsicht Thema der Philosophie.

Zunächst: Was könnte heute überhaupt Philosophie von Natur sein? Was Philosophie ist und soll, ist selbst ein großes Thema der Philosophie<sup>1</sup>. Wir können dieses Thema hier nicht behandeln, sondern nur in einigen Stichworten unser Verständnis andeuten.

Die Philosophie institutionalisiert das *Weiterfragen*. Bei einer Wissenschaft ist das anders: Sie grenzt sich ab gegen andere Wissenschaften und gegen Nicht-Wissenschaft, indem sie ihr Arbeitsgebiet und ihre Methoden grundlegend definiert. Diese Basis-Festlegungen werden von der Wissenschaft selbst nicht in Zweifel gezogen, solange sie als diese Wissenschaft existiert. Bei der Philosophie dagegen gehört die Abgrenzung ihrer Aufgabe nicht nur zum eigenen Gegenstand, sondern Philosophie wird gerade dadurch gekennzeichnet, daß sie *nichts* als undiskutierbar gelten läßt. Die Philosophie sollte gerade das befragen, was wir als selbstverständlich zu akzeptieren geneigt sind; es wird sich oft genug erweisen, daß eine heutige „Selbstverständlichkeit“ vor der Zeit von, sagen wir, Aristoteles oder Popper als ungeheuer kühne Behauptung gegolten hätte. – Die Philosophie ist daher in ihrem Wesen auf die Betrachtung ihrer eigenen Geschichte angewiesen. Philosophen betreiben zu einem guten Teil „histo-

Philosophie heißt Weiterfragen.

---

<sup>1</sup> Vgl. z.B. Noack (\*1991).

risch-kritische Exegese“. Natürlich kann auch ein Philosoph nicht aus seiner eigenen Zeit heraustreten und sie historisch-kritisch betrachten; aber er muß versuchen, die Bedingungen, die im Alltag als selbstverständlich gelten, als spezielle zu sehen – im Licht anderer, also meist vergangener Gedankenwelten, und doch im Bewußtsein des „Wir philosophieren *jetzt*“ (C.F.v.Weizsäcker); unsere philosophischen Erben werden Beschränkungen unseres Denkens erkennen, gegen die wir selbst blind sind.

Und was ist Natur? – Wir denken bei dem Wort zunächst an den Zusammenhang mit *Naturschutz*, *natürlich* im Gegensatz zu künstlich, an die freie Natur. Das *Gewachsene* ist also Natur –

Was ist Natur?

⊖<sub>1</sub> ⊕ Δ bei Aristoteles. Bei der daraus abgeleiteten Bezeichnung der Wissenschaft *Physik* denken wir aber gerade eher an künstliche Gegenstände als an natürliche, also an Natur im Sinne von Naturwissenschaft.

Kant unterscheidet von der Natur in *materieller* Bedeutung<sup>2</sup> – von der wir oben zuerst gesprochen haben – die Natur in *formaler* Bedeutung<sup>3</sup>, die mit dem Begriff Naturwissenschaft *auch* gemeint ist, und die die „Natur der Dinge“ meint, oder auch die „Natur des Menschen“. Gegenstand der Naturwissenschaft ist beides: Sie will ergründen, „was die Welt im Innersten zusammenhält“, pointiert: die Natur der Natur.

Drei Bereiche von Naturphilosophie

Dieselbe Frage ist auch Gegenstand der *Naturphilosophie*. Gernot Böhme<sup>4</sup> meint: „Naturphilosophie beginnt erst dort, wo die Frage ‚Was ist Natur?‘ gestellt ist.“ – Ich möchte da etwas pragmatischer vorgehen, wie es sich für eine solche Einführung gehört, und drei eigentlich naturphilosophische Bereiche unterscheiden:

1. Die Frage nach der Erkennbarkeit von Wirklichkeit, die man ja als einen Aspekt von Böhmes Frage: „Was ist Natur?“ ableiten kann: Was können wir überhaupt von der Wirklichkeit wissen? Wie ist das Bild zu verstehen, das die Naturwissenschaft von der Wirklichkeit zeichnet? Wie können wir das objektive, wissenschaftliche Bild von der Wirklichkeit einordnen in die Gesamtheit dessen, was wir wissen und glauben? – Dafür sind vor allem die Erkenntnisse der Relativitätstheorie und Quantenmechanik, also der Physik unseres Jahrhunderts, philosophisch relevant; ohne die Kenntnis dieser Wissenschaften sind jene Fragen nicht zu beantworten.
2. Die mehr inhaltlichen Fragen nach dem, was wir über uns selbst als Menschen aufgrund der naturwissenschaftlichen Kenntnisse unseres Jahrhunderts sagen können. Da wird die Biologie, insbesondere die Evolutionstheorie philosophisch relevant, die wir mit den heutigen Erkenntnissen ganz neu

<sup>2</sup> „[...] der Inbegriff aller *Dinge*, so fern sie *Gegenstände unserer Sinne*, mithin auch der Erfahrung sein können, worunter also das Ganze aller Erscheinungen, d. i. der Sinnenwelt, mit Ausschließung aller nicht sinnlichen Objekte verstanden wird“ (Kant 1786, S. III).

<sup>3</sup> „[...] das erste innere *Prinzip* alles dessen, [...] was zum Dasein eines Dings gehört“ (ibid.; vgl. Plaass 1965).

<sup>4</sup> Böhme (1992) S.48.

sehen können. Außerdem ist dafür die neuentstehende Kognitionswissenschaft wichtig, die biologische – insbesondere neurophysiologische – Erkenntnisse vereint mit psychologischen und solchen der Informationstechnologie, etwa in der Neuroinformatik.

3. Angesichts des Zerstörungspotentials der modernen Technik – vom Unbewohnbar-Machen unseres Planeten im grossen bis zur Schädigung des Lebens durch Gen-Manipulationen im kleinen – haben wir allen Anlaß, die Stellung des Menschen in der Natur neu zu bedenken, und das muß jedenfalls auch Gegenstand von Naturphilosophie sein.

Zur Verdeutlichung möchte ich mein Bild von Naturphilosophie absetzen von zwei anderen Arten, sich rational mit unserer Erkenntnis der Wirklichkeit auseinanderzusetzen:

#### 1. Wissenschaftstheorie (Philosophy of science):

Trotz ihres allgemeinen Namens ist die Wissenschaftstheorie eine eher spezielle Erscheinung des 20. Jahrhunderts: Im Gefolge des logischen Empirismus hat sich seit den Zeiten des Wiener Kreises der 20er Jahre eine breite Forschungsrichtung der Philosophie entwickelt, die sich überwiegend mit der *Methode* der Naturwissenschaft beschäftigt. Es handelt sich hier vor allem darum, so präzise wie möglich im Sinne der formalen Logik, die Grundbegriffe der Naturwissenschaft zu analysieren: Was ist ein Naturgesetz, eine gesetzesartige Aussage? Wie kann die Gültigkeit eines Naturgesetzes dargetan oder widerlegt werden? etc. Daneben gehört zu den besonderen Voraussetzungen der Wissenschaftstheorie ihr Empirismus – eine aus ihrer Herkunft von der Naturwissenschaft und ihrer Einwurzelung in die angelsächsische Tradition erklärlche Beschränkung.<sup>5</sup> – Wir wollen die Naturphilosophie von dieser Wissenschaftstheorie dadurch unterscheiden, daß sowohl die Frage nach der Methode wie auch der formallogische Aspekt in den Hintergrund tritt, und ebenso dadurch, daß wir explizit vom empiristischen Ansatz abgehen. Wir wollen uns eher auf den *Inhalt* der Naturwissenschaft stützen, müssen aber gleich einschränkend hinzufügen, daß dieser Inhalt nicht irgendwo unabhängig von der Wissenschaft vorhanden ist: Die Antworten, die wir bekommen, hängen ab von den Fragen, die wir gestellt haben.

Keine  
Wissenschaftstheorie

#### 2. Wissenschaftswissenschaft (Science of science):

Die Naturwissenschaft, wie wir sie kennen, ist in einer für sie geeigneten historischen Situation entstanden und kann sich auch heute nur entwickeln auf einem günstigen Nährboden innerhalb der Gesellschaft: Nicht nur Geld und Prestige für die aktiv Beteiligten muß ausreichen, sondern auch das „geistige Klima“ kann die Naturwissenschaft fördern oder ihr schaden, das Leben vieler, auch z. B. in der Philosophie, muß die richtigen Fragen nahelegen, und das Ausbildungssystem muß geeignete Frager hervorbringen. Aus dem Zusammenhang der „Philosophy of science“, insbesondere in Amerika, hat sich in

Keine  
Wissenschaftswissenschaft

<sup>5</sup> Vgl. etwa das große Werk Stegmüller (1969 ff), oder Ströker (1973). Die Einführung von Bartels (1996) bewegt sich ebenfalls in dieser Tradition.

diesem Sinn seit den 60er Jahren eine historisch und soziologisch orientierte Betrachtung der Wissenschaft entwickelt. Dem grundlegenden Empirismus der Wissenschaftstheorie ist diese Weiterentwicklung durchaus angemessen, da man sich nun daranmachte, auch die Wirklichkeit der Wissenschaft – vergangener und gegenwärtiger – empirisch zur Kenntnis zu nehmen.<sup>6</sup> – Faszinierende Untersuchungen dieser Art, die eigentlich erst den Namen einer „Geschichte der Naturwissenschaft“ verdienen, kommen ohne systematische Betrachtung der Naturwissenschaft nicht aus; sie sind aber nicht das, was wir Naturphilosophie nennen wollen.

## 1.2 Objektivität

Die Naturwissenschaft sieht ihre Aufgabe darin, die Wirklichkeit *objektiv* zu beschreiben, also unabhängig von den Vorurteilen oder Vorlieben dessen, der gerade beschreibt. Das Ideal ist, die Wirklichkeit so zu beschreiben, wie sie selbst ist, unabhängig von allen Bedingungen der Beschreibung. Nun ist natürlich die Wirklichkeit uns nur so zugänglich, wie wir sie erkennen können oder so, wie sie in irgendeiner Beschreibung vorkommt. Die Bedingung der Objektivität wird daher praktisch so realisiert, daß eine objektive Beschreibung jedenfalls unabhängig sein soll von dem besonderen Individuum, das gerade beschreibt. Eine objektive Beschreibung von Wirklichkeit ist eine solche, die im Prinzip von jedermann jederzeit nachgeprüft werden kann.<sup>7</sup>

Objektiv heißt:  
Jederzeit  
von jedermann  
nachprüfbar

Es gibt auch  
andere Objektivität

Zu dieser Definition sind einige Kommentare notwendig. Zunächst ist zu betonen, daß man nicht beanspruchen kann, damit jede Art von Objektivität zu definieren; es kann sich hier nur um diejenige Objektivität handeln, die die Naturwissenschaft für sich beansprucht und nach dem Sinn ihrer Tätigkeit für sich beanspruchen muß. Es kann daneben durchaus andere Arten von Objektivität geben, etwa die des Richters, der keine Partei aus persönlichen Gründen bevorzugt, oder die des Interpreten von Texten aus der Vergangenheit, der soweit wie möglich seine eigenen Vorlieben aus der Interpretation heraushält.

An der Definition ist außerdem zu bemerken, daß sie auf die Beschreibung der Struktur der Wirklichkeit in unveränderlicher, zeitloser Wahrheit zielt – also etwa auf Naturgesetze, die immer in gleicher Form gelten. In der Formulierung ist aber trotzdem ein Zeitbezug fundamental enthalten, nämlich in der Berufung auf die *Nachprüfung*: Man kann nur etwas nachprüfen, was davor behauptet worden ist; nachprüfbar sind prinzipiell nur Voraussagen. Ein Naturgesetz – also die allgemeine Formulierung einer objektiven Aussage im Sinne der Naturwissenschaft – kann daher nur eine allgemeine Regel sein, die

„Objektiv“ hat den Bezug  
auf die Zukunft

<sup>6</sup> Pioniere dieser Betrachtung waren um 1940 etwa Edgar Zilsel (1976) und Ludwik Fleck (1983); weitverbreitet wurde diese Betrachtungsweise vor allem durch das Buch von Thomas S. Kuhn (1962), vgl. auch Böhme (1977).

<sup>7</sup> Vgl. Zimmer (1991), S.109ff.

angibt, wie man aus den jeweiligen gegenwärtigen Bedingungen *Voraussagen* gewinnt, die sich in der Zukunft empirisch werden nachprüfen lassen.

Wir werden auf diese Struktur der Objektivität noch zurückkommen müssen.

Ein interessanter Zug der Objektivität ist hier anzumerken, dessen Zusammenhang mit der allgemeinen Nachprüfbarkeit nicht leicht zu sehen ist: die *Einheit* der naturwissenschaftlichen Beschreibung. Die Naturwissenschaft hat sich im Laufe ihrer Geschichte zwar ungeheuer ausdifferenziert in eine für keinen einzelnen Gelehrten mehr überschaubare Vielfalt von Disziplinen und Spezialgebieten, sie hat aber gleichzeitig zu einer immer größeren strukturellen Einheit gefunden. Schon die Erkenntnis Newtons, daß die Gesetze, nach denen die Planeten sich bewegen, dieselben sind wie die, die für die Schwerkraft hier auf der Erde gelten – etwa, wenn ein Apfel vom Baum fällt – war ein entscheidender Schritt auf dem Wege zur Einheit der Theorie. Ähnlich etwa die Erkenntnis, daß die gesamte Optik sich auf Elektrodynamik zurückführen läßt, oder die begrifflich viel komplexere Einsicht, daß die Thermodynamik sich als Statistik der beteiligten Teilchen verstehen läßt.

Einheit der  
Naturwissenschaft

Heute schließlich sind die meisten Gelehrten<sup>8</sup> davon überzeugt, daß alle naturgesetzliche Beschreibung der Wirklichkeit sich letztlich im Prinzip zurückführen läßt auf wenige sehr allgemeine Sätze über die elementaren Teilchen und Felder. Die Theorie, nach der heute ganze Heere der besten Physiker und Mathematiker unserer Zeit suchen, heißt daher auch GUT, „Grand Unified Theory“. Auch wenn diese Theorie bisher nicht gefunden ist und nicht abzusehen ist, wie sie aussehen könnte, so sind doch alle Theoretiker, die daran arbeiten, von der Überzeugung geleitet, daß es eine solche Theorie gibt, und daß die Aussicht heutzutage nicht schlecht ist, sie zu finden.

Grand Unified Theory

Dabei ist natürlich die Einschränkung „im Prinzip“ nicht zu übersehen: Faktisch wird niemand in der Lage sein, die Chemie eines Makromoleküls quantenmechanisch auszurechnen; es ist nicht einmal wirklich gelungen, das Spektrum eines Atoms zu berechnen, das etwas komplizierter ist als Wasserstoff oder Helium. Aber die meisten Physiker würden wohl die Meinung vertreten, daß das nur praktische Probleme sind, also die Durchführung nur am Mangel an Zeit und Geld scheitert.

Nur im Prinzip

Es gibt gute Argumente dafür, daß eine solche Deduktion auch in einem allgemeineren Sinn nicht möglich ist, weil nämlich die angeblich reduzierbare, abgeleitete Theorie in Wirklichkeit eine eigene Begrifflichkeit verwendet, die nicht restlos in Begriffen der grundlegenden Theorie ausdrückbar ist. So argumentiert z. B. Hans Primas<sup>9</sup>, daß schon die Chemie nicht auf Quantenme-

Reduzierbarkeit von  
Theorien

<sup>8</sup> Es gibt heute die gegenläufige Tendenz in der Wissenschaftstheorie, die etwa bezweifelt, daß im Labor gefundene Gesetze auch in der freien Natur gelten. Das ist eine Folge der oben beschriebenen soziologischen Betrachtungsweise der Wissenschaft, die der Wissenschaft *Wahrheit* ohnehin nicht zutraut. Einem Physiker würde ein solcher Verdacht wohl nicht einmal einfallen.

<sup>9</sup> Primas (1983).

chanik reduzierbar sei, da sie mit ganz neuen Begriffen arbeite, etwa dem der räumlichen Konfiguration, zu denen es keine quantenmechanische Entsprechung gebe. – Noch deutlicher ist das bei Theorien wie der Biologie, bei denen die *Geschichte* – bei der Biologie die Geschichte der Evolution des Lebens – eine wesentliche Rolle spielt, während sie in den allgemein und zeitüberbrückend gültigen Gesetzen der Physik ausdrücklich nicht vorkommt. Wir kommen auf diese Fragen bei der „Theorienreduktion“ zurück.

### 1.3 Kausalität

In den Anfängen der Naturwissenschaft spielte der Begriff der Ursache bzw. der Kausalität eine grundlegende Rolle. Man sah ein Phänomen als erklärt an, wenn man seine Ursache angeben konnte. David Hume (1777) z. B. diskutiert das Verhältnis von Ursache und Wirkung, etwa, ob man aus der regelmäßigen Beobachtung der Abfolge von zwei Ereignissen bestimmter Typen darauf schließen könne, daß das frühere Ereignis jeweils die Ursache des späteren sei. Wir kommen darauf unten (3.14) bei der Diskussion der Rechtfertigung a priori zurück.

In der modernen Physik wirken solche Diskussionen eher fremd. Ein moderner Physiker beschäftigt sich nicht mit Ursachen, sondern vielmehr mit Gleichungen und ihren Lösungen. Dabei sind die Lösungen Funktionen der Zeit mit Funktionswerten, die meßbare Größen darstellen bzw. aus denen meßbare Größen ableitbar sind. In den Gleichungen, deren Lösungen solche Funktionen sind, oder auch in Randbedingungen zur weiteren Auswahl der Funktionen sind dann die Umstände formalisiert, die das behandelte Problem charakterisieren: z. B. die Kräfte, die auf das betrachtete Objekt wirken, oder andere Bedingungen aus der Umgebung, in der dieses Objekt beschrieben wird. Diese „Umstände“ kann man natürlich als die Ursache betrachten und die gewonnene Lösung der Gleichungen als Wirkung – aber vom Standpunkt der modernen Physik aus würde man die Aufteilung der Gesamtsituation in Ursache und Wirkung eher als künstlich empfinden; das eigentlich Interessante ist die Gesamtheit des Ablaufs in der gegebenen Umwelt (den „Randbedingungen“).

Ursache und Wirkung in der modernen Physik?

In den klassischen – auch den relativistischen – Theorien legt eine Lösung der Grundgleichungen für jeden Zeitpunkt eindeutig alle Meßwerte fest. In diesem Sinne ist eine solche Theorie *deterministisch*: Wenn die „Umstände“ hinreichend genau bekannt sind, dann ist der Zustand – also die Gesamtheit aller meßbaren Werte – zu jeder Zeit *eindeutig* bestimmt. Eine solche deterministische Kausalität ist die einzige, die z. B. Kant diskutiert, wohl deshalb, weil zu seiner Zeit niemandem eine Alternative dazu auch nur eingefallen ist.<sup>10</sup>

Determinismus

Um 1800 waren die mathematischen Methoden zur Anwendung der Newtonschen Theorie auf das Sonnensystem soweit verfeinert, daß es möglich

<sup>10</sup> In der "Zweiten Analogie der Erfahrung", KrV A189/B232.

wurde, Planetenstellungen für viele Jahrhunderte voraus und zurück sehr genau  
zu

berechnen. Aus der Extrapolation dieser Möglichkeit auf das ganze Universum, angeregt noch zusätzlich durch die schönen mechanischen Automaten, an denen am Ende des 18. Jahrhunderts kein Mangel war, entstand das mechanistische Weltbild: Die Meinung, daß sich alle Vorgänge in der Welt „im Prinzip“ in ähnlicher Weise wie die Planetenbewegung berechnen lassen müßten. Es war dabei klar, daß endliche Menschen faktisch nicht der Lage sein würden, so etwas zu berechnen, aber es schien wenigstens „im Prinzip“ möglich. Eine klassische Formulierung dessen, was dieses „im Prinzip“ heißen kann, gibt P.S. de Laplace<sup>11</sup>:

„Une intelligence qui, pour un instant donné, connaîtrait toutes les forces dont la nature est animée, et la situation respective des êtres qui la composent, si d'ailleurs elle était assez vaste pour soumettre ces données à l'analyse, embrasserait dans la même formule, les mouvements des plus grand corps de l'univers et ceux du plus léger atome: rien ne serait incertain pour elle, et l'avenir comme le passé, serait présent à ses yeux.“

Laplace gibt diese klassische Beschreibung in der Einleitung zu seiner Behandlung der Wahrscheinlichkeit. Er führt Wahrscheinlichkeitsüberlegungen ein als notwendiges Zugeständnis an die Unfähigkeit des Menschen, die genauen Berechnungen der von ihm beschworenen Intelligenz zu vollziehen; statt dessen müsse der Mensch sich mit ungenauen, aber für ihn bewältigbaren Wahrscheinlichkeitsrechnungen begnügen. Seit Laplace wurde es als selbstverständlich angesehen, daß Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen nur deswegen notwendig seien, weil faktisch die Durchführung der genauen Rechnung nicht möglich – und evtl. auch nicht nötig – sei; *an sich* seien die Abläufe aber vollkommen determiniert. Wir werden diese Ansicht noch ausführlich zu diskutieren haben. Dabei wird erstens die Frage wichtig, was dieses „an sich“ überhaupt bedeuten kann, und zweitens die Grundfrage der Quantenmechanik, die uns – so wie ich es verstehe – dazu zwingt, von der Vorstellung eines solchen Determinismus überhaupt Abschied zu nehmen (vgl. 3.13c).

Für die Quantentheorie ist der Indeterminismus fundamental, also die Tatsache, daß ihre Aussagen nicht Eigenschaften des Objekts beschreiben, sondern nur Voraussagen, mit welcher Wahrscheinlichkeit bei einer Messung die einzelnen Ergebnisse eintreten werden. Dieser fundamentale Indeterminismus zwingt uns, unser ganzes naturwissenschaftliches Bild der Welt neu zu überdenken, er macht die „Ontologie der

<sup>11</sup> Laplace (1814), S.2. – Deutsche Übersetzung: "Eine Intelligenz, die für einen gegebenen Augenblick alle Kräfte kennt, von denen die Natur beseelt ist, und die gegenseitige Lage der Wesen, die sie ausmachen, wenn sie überdies umfassend genug wäre, diese Gegebenheiten der Analyse zu unterziehen, dann würde sie in einer einzigen Formel die Bewegungen der größten Körper des Universums umfassen und die des leichtesten Atoms: Nichts wäre für sie unsicher, und die Zukunft wie die Vergangenheit wäre vor ihren Augen gegenwärtig."



klassischen Physik“ unmöglich, nach der wir die Welt in Strenge so beschreiben können, wie sie wirklich ist. Dies ist der eigentliche Grund, warum die Entdeckung der Quantenmechanik tatsächlich das eine große Ereignis für die Philosophie des 20. Jahrhunderts war.

Für die Biologie hat sich das Weltbild der klassischen Naturwissenschaft gehalten und bewährt. Bei der Frage nach Ursachen in der Biologie treten ganz andere Probleme auf, die vor allem mit der Theorie der Evolution zusammenhängen.

Biologische  
Ursachenforschung

Ein Problem entsteht, wenn man in der Biologie nach Ursachen fragt. Man kann erstens bei der Beschreibung eines einzelnen Organismus fragen: Wie geht es zu (physiologisch, biochemisch u.ä.), daß bestimmte Organe entstehen und wachsen, daß sie ihre Funktion erfüllen, oder daß der Organismus sich so und so verhält. Dieser Zugang ähnelt sehr demjenigen der Physik. Ernst Mayr (1991) nennt Ursachen, die sich so ermitteln lassen, *proximat*.

proximate Ursache

Zweitens kann man aber auch nach der Ursache dafür fragen, daß es eine bestimmte Art von Organismen überhaupt gibt, daß der Organismus ein bestimmtes Organ hat und in der Weise entwickelt, wie er es faktisch tut, und daß er sich so verhält, wie er sich verhält. Eine Antwort auf diese Fragen, die Mayr die Fragen nach *ultimaten* Ursachen nennt, kann man allenfalls bei der Evolutionstheorie suchen.

ultimate Ursache

Ein weiteres Problem ist speziell in der Biologie die Beziehung der Kausalität zur *Teleologie*. Anders als in der Physik ist es in der Biologie immer sinnvoll, nach dem Zweck von Organen, Vorgängen und Verhaltensweisen zu fragen, modern gesprochen, nach der *Funktion*. In der naturwissenschaftlichen Betrachtungsweise ist aber diese teleologische Frage höchst problematisch geworden, als *Teleologie* bei Biologen ganz verpönt, höchstens als *Teleonomie* zugelassen. (Vgl. 4.16)

Teleologie

#### 1.4 Wirklichkeit an sich

Uns scheinen immer noch die Vorstellungen der klassischen Physik über die Wirklichkeit „an sich“, die hinter den vielfältigen Erscheinungen verborgen ist, selbstverständlich: Alle die vielen wahrnehmbaren Eigenschaften und Veränderungen gehen danach zurück auf die Bewegung kleinster Teilchen, nach den Grundgesetzen der Physik; die ganze Welt funktioniert wie eine riesige Maschine, deren Konstruktionsprinzipien wir ermitteln können, indem wir Teile möglichst isolieren und ihr Verhalten studieren. Das so gewonnene Wissen läßt sich nach dieser Auffassung abbilden in mathematischen Formalismen, deren Beherrschung uns die Beherrschung der Natur, der Wirklichkeit erlaubt (vgl. Hertz 1894, Ludwig 1974). Den prägnantesten Ausdruck findet dieses Weltbild (beschränkt auf die Mechanik) in der oben zitierten „Intelligenz“ von Laplace, welche die an sich vorhandene Wirklichkeit auch ganz kennt. Daß *wir* den Gang der Welt nicht so berechnen können, liegt *nur* an unserer Beschränktheit; *an sich* liegen Ort und Impuls jedes Teilchens, also alle Eigenschaften der Welt, für alle Zeiten fest.

Ontologie der  
klassischen Physik

Die Vorstellung von unveränderlichen Elementarteilchen, deren Beziehungen untereinander die vielfach veränderlichen Phänomene hervorbringen, gibt es schon bei Demokrit und Leukipp. Von diesen *Atomen* gebe es so viele Arten, wie es Elemente gibt, also z. B. je eine Art für Erde, Wasser und Luft – entsprechend unseren „Aggregatzuständen“; oder eine weitere Art für Feuer – heute parallel gesetzt zum Plasma, dem Aggregatzustand etwa der Sonne. Wir können das beruhigende Gefühl pflegen, daß wir diese Dinge besser wissen, wenn auch die Alten schon Beachtliches geleistet haben: Wir haben die 92 (oder mit den Transuranen sogar über 100) Elemente der Chemie fest im Griff; wir wissen, daß Aggregatzustände eine unabhängige zusätzliche Eigenschaft der Stoffe sind – und daß Atome, ihrem Namen untreu, doch teilbar und auch wandelbar sind. Insofern ist also die griechische Naturphilosophie nur Vorläufer der neuzeitlichen Naturwissenschaft.

Diese beruhigende Gewißheit wird – wie nicht anders zu erwarten – bei näherem Zusehen schnell erschüttert. Platon z. B. schreibt im *Timaios* über die Erklärungskraft von Atomtheorien. Er übernimmt die Lehre von den Elementen, die aus je einer Sorte von Atomen bestehen, und er fragt weiter, woraus diese Atome bestehen. Wieder aus einem Stoff können sie nicht sein, denn dann wäre nichts erklärt<sup>12</sup>. In Wirklichkeit, sagt Platon, sind die Atome reguläre Körper, diese sind aus regulären Vielecken zusammengesetzt, die man aus Dreiecken zusammensetzen kann, und die Dreiecke bestehen aus je drei Seiten. – Verwechselt hier Platon zwei verschiedene Wissenschaften, springt einfach von der Naturbeschreibung in die Mathematik? Oder kann man seine Erklärung verstehen? – Die heutige Naturwissenschaft ist mathematische Wissenschaft, ihre Erklärung ist nicht wesentlich anders als die Platons: Die „zugrundeliegende Wirklichkeit“ ist auch nach der modernen Physik etwas ganz Abstraktes, nur durch einen mathematischen Formalismus Beschreibbares. „Elementarteilchen“ sind *nicht* wieder so wie Stecknadelköpfe, nur kleiner. Wir sind also Platon mit unserer Physik relativ nahe, indem wir als „eigentliche Wirklichkeit“ etwas behaupten, das wir die mathematische Struktur nennen – Platon spricht von den Ideen, die als einzige erkennbar sind, weil sie *sind*, während die Erscheinungen „nur“ werden und vergehen.

Hier soll keine Platon-Interpretation gegeben<sup>13</sup>, sondern zunächst nur die Frage nach der Wirklichkeit erläutert werden: „Realismus“ ist nicht einfach selbstverständlich. Auf die moderne Physik, die im Detail anders und noch einmal komplizierter ist, als hier angedeutet, kommen wir in den folgenden Kapiteln.

<sup>12</sup> Dieser Stoff müßte wieder aus Atomen sein, etc.: ein unendlicher Regreß. Wenn außerdem ein Atom als ein „Klumpchen“ von etwas vorgestellt wird, dann mag es zu einer Zeit *praktisch* unmöglich sein, ein solches Klumpchen zu teilen – aber man kann sich immer Teilchen davon *denken* – s. unten 1.10. Vgl. auch Heisenberg (1969) Kap. I; Heisenberg (1976).

<sup>13</sup> Dazu vgl. Meyer-Abich (1973); Weizsäcker (1971): Parmenides und die Quantentheorie.

## 1.5 Kants „Kopernikanische Wende“

Kant betrachtet die Wirklichkeit unter einem anderen Aspekt, von der Seite des erkennenden Subjekts. Es lohnt sich, die Kantischen Gedanken etwas ausführlicher zu erläutern, vor allem in Hinblick auf heutige empiristische Vorstellungen: Kant beginnt beim Grundproblem des Empirismus, wie es David Hume darstellt. Er schreibt (Prolegomena A 13): „Ich gestehe frei, die Erinnerung des David Hume war eben dasjenige, was mir vor vielen Jahren zuerst den dogmatischen Schlummer unterbrach, und meinen Untersuchungen im Felde der spekulativen Philosophie eine ganz andere Richtung gab.“ Die „Erinnerung des David Hume“ bestand in folgendem Argument<sup>14</sup>: Es gibt, sagt Hume, zwei Gebiete menschlicher Erkenntnis, nämlich „on relations of ideas“ und „on matters of fact“. In den Beziehungen der Vorstellungen untereinander sei die Logik ein zuverlässiger Führer, aber über die Tatsachen – also über unser Thema, die Wirklichkeit – gebe es keine sichere Erkenntnis. Daß die Sonne morgen *nicht* aufgehen wird, ist eine ebenso verständliche Behauptung und genauso wenig widersprüchlich wie die Versicherung, daß sie aufgehen wird. Allgemein gesagt: aus vergangenen Ereignissen läßt sich logisch überhaupt nichts über zukünftige Ereignisse ableiten. – Hume begegnet auch gleich dem möglichen Einwand, daß sich doch bisher solche Schlüsse sehr bewährt hätten; das „Induktionsprinzip“, das besagt, daß in der Vergangenheit gefundene Gesetze auch in Zukunft gelten, ist doch tatsächlich durch lange Erfahrung bestens bestätigt. Aber Hume bemerkt zu Recht, daß dieses Argument für das Induktionsprinzip eben dieses Induktionsprinzip schon voraussetzt. Könnten wir *nicht* aus der Vergangenheit auf die Zukunft schließen, dann würden auch die größten Erfolge des Induktionsprinzips in der Vergangenheit keinen Schluß auf seine Geltung für die Zukunft erlauben. Es gibt daher, sagt Hume, nur einen *Glauben* an das Induktionsprinzip, der aus der *Gewöhnung* kommt – denn merkwürdigerweise hat es sich ja in der Vergangenheit bewährt.

Humesches Problem

Ganz entsprechend formuliert Popper, auf den sich die heutige Diskussion eher beruft, in seiner „Logik der Forschung“<sup>15</sup>: Ein allgemeines Gesetz kann nicht durch Vorzeigen von positiven Fällen verifiziert werden, denn sein Geltungsbereich umfaßt unendlich viele Fälle, insbesondere künftige. Poppers Ausweg ist, daß Gesetzhypothesen wenigstens falsifizierbar sind (durch ein einziges Gegenbeispiel), und daß man solchen Hypothesen um so mehr trauen soll, je mehr Falsifizierungsversuche sie überstanden haben. Popper räumt selbst ein, daß zur Falsifikation einer Hypothese andere Hypothesen – etwa über das Meßgerät – schon als wahr vorausgesetzt werden müssen.

Popper:  
Falsifizierbarkeit

Kant beginnt mit der Unausweichlichkeit des *Humeschen Problems*. Er sieht andererseits die Kraft der physikalischen Gesetze, ihre, wie es scheint, Notwendigkeit und Allgemeinheit. In beiden Punkten können wir, angesichts der modernen Physik, nur zustimmen; wie aber geht beides zusammen? Um das zu

Revolution  
der Denkart

<sup>14</sup> Hume 1777, IV.

<sup>15</sup> Popper (1935).

denken, vollzieht Kant eine „Revolution der Denkart“, seine „kopernikanische Wende“<sup>16</sup>:

Kopernikus findet als selbstverständliche Auffassung vor, daß das Himmelsgewölbe sich um uns dreht, die wir auf der Erde fest stehen, und die Planeten sich auf dem Himmel bewegen. Seine Revolution besteht darin, daß er den Standpunkt wechselt, daß er die Erde und damit uns selbst auch als bewegt betrachtet in einem allgemeineren System. Ähnlich versteht Kant seine eigene Revolution: Er findet als selbstverständliche Auffassung vor, daß die Naturwissenschaft wenigstens stückweise die so Natur erkennt, wie die Natur eben ist. Dem setzt er entgegen, daß man ja nur Antworten bekommt auf Fragen, die man stellen kann. Er wechselt den Standpunkt und betrachtet auch unser eigenes Erkenntnisvermögen: Wir können die Dinge nur so erkennen, wie sie uns erscheinen (eine Trivialität); wie die Dinge an sich selbst auch immer sein mögen, wir erkennen nur Erscheinungen. In vielen Fassungen versucht Kant seinen Gedanken klarzumachen, so etwa in der Vorrede zur zweiten Auflage der Kritik der reinen Vernunft: „Die Vernunft muß [...] an die Natur gehen, zwar um von ihr belehrt zu werden, aber nicht in der Qualität eines Schülers, der sich alles vorsagen läßt, was der Lehrer will, sondern eines bestellten Richters, der die Zeugen nötigt, auf die Fragen zu antworten, die er ihnen vorlegt.“<sup>17</sup>.

Was wir erkennen, sind Erscheinungen

Um es noch einmal tautologisch zu formulieren: wir können Erfahrung nur so machen, wie *wir* Erfahrung machen können. Kant verschärft also die Humesche Erklärung aus Gewohnheit und Glauben, indem er sagt: wir könnten gar nicht leben – nämlich Erfahrung machen –, wenn nicht bestimmte Bedingungen erfüllt wären. Diese Bedingungen sind notwendig und allgemein erfüllt, weil ohne sie keine Erfahrung möglich wäre; und Erfahrung ist doch offenbar möglich, sonst könnten wir nach Notwendigkeit und Allgemeinheit nicht einmal fragen.

Bedingungen der Möglichkeit von Erfahrung überhaupt

Die kopernikanische Wende Kants besteht darin, daß er nicht versucht, die Dinge zu betrachten, wie sie an sich selbst sind – denn das wäre ohnehin außerhalb jeder menschlichen Erfahrung –, sondern er betrachtet die Bedingungen, unter denen etwas Erfahrung *für uns* werden kann. Die Wirklichkeit, die wir erfahren, ist also nicht eine Wirklichkeit an sich, sondern sie ist vorgeprägt von unserer Fähigkeit, Erfahrung zu machen.

In dieselbe Richtung gehen Erkenntnisse der Kognitions- wissenschaft<sup>18</sup>, die besagen, daß schon in der Wahrnehmung die „subjektiven“ Bedingungen des wahrnehmenden Lebewesens entscheidend sind: Das berühmte Beispiel der „Umwelt“ einer Zecke besteht nach J. v. Uexküll<sup>19</sup> nur aus dem Schweißgeruch von Warmblütern und behaarter Haut. Bei den primitivsten Organismen besteht die „Wahrnehmung“

Die objektive *Umwelt* des Menschen

<sup>16</sup> Kant, KrV B XVI.

<sup>17</sup> Kant, KrV B XIII.

<sup>18</sup> Vgl. 6.2: Radikaler Konstruktivismus; siehe auch Lorenz (1973); Weizsäcker (1977a).

<sup>19</sup> Uexküll (1956).

nur aus Reaktionen auf Reize; bei komplizierteren Organismen stellen wir teilweise hochkomplizierte Prozesse fest, die unter bestimmten Bedingungen „ausgelöst“ werden können – von einer „Wahrnehmung“ der Umwelt ist dabei nichts festzustellen. In höheren Lebewesen kann – offenbar eine spezifische Leistung der Evolution – die einzige Reaktion auf einen Reiz ein „innerer“ Prozeß sein, das Zur-Kennntnis-Nehmen. Trotzdem spricht auch diese innere Reaktion ganz spezifisch auf vorgegebene Bedingungen an, und es ist noch einmal eine spezifische Leistung insbesondere des menschlichen Wahrnehmens, daß sich das Wahrgenommene als objektiv vorhandene Gegenstände verstehen läßt, als eine Wirklichkeit, die unabhängig von meinem Ort in ihr, meiner Stimmung oder meinen Wünschen vorhanden ist. Diese Leistung der menschlichen Spezies hat es ihr allerdings erlaubt, die entschiedene Übermacht über alle anderen zu gewinnen.

Kant macht – wie oben gesagt – darauf aufmerksam, daß es hieße, das menschliche Vermögen der Objektivität überzubeanspruchen, wenn man annähme, es zeigte uns die Dinge, wie sie an sich selbst sind: Wir erfahren die Welt so, wie wir sie erfahren können; insofern hängt also, was wir erfahren, von unserem Vermögen der Erfahrung ab. (Bei der Quantenmechanik werden wir sogar sehen, daß es strenggenommen eine an sich vorhandene Welt nicht gibt.)

Das Ding an sich?

### 1.6 Die Wirklichkeit nach Ernst Mach

Eine andere Theorie, welche die Natur unseres Vermögens in die Analyse der Wirklichkeit einbezieht, finden wir bei Ernst Mach<sup>20</sup>. Seine Theorie unterscheidet sich von der kantischen und verdient als Kontrast zu dieser, daß wir uns mit ihr etwas beschäftigen: Mach geht aus von den Reizen, die auf den Menschen einwirken und in ihm Empfindungen hervorrufen. Diese Empfindungen sieht Mach als aus Elementen zusammengesetzt entsprechend der Physiologie der Sinnesorgane; solche Elemente sind z. B. ein Farbpunkt im Gesichtsfeld, ein Ton einer bestimmten Frequenz und ähnliches. Aus diesen Empfindungselementen setzt das Denken größere Einheiten zusammen zur größeren „Ökonomie des Denkens“. In Machs Worten:

Machs Denkökonomie

„Das Ding ist eine Abstraktion, der Name ein Symbol für einen Komplex von Elementen, von deren Veränderung wir absehen. Daß wir den ganzen Komplex durch *ein* Wort, durch *ein* Symbol bezeichnen, geschieht, weil wir ein Bedürfnis haben, alle zusammengehörigen Eindrücke auf einmal wachzurufen [...] die Empfindungen sind auch keine „Symbole der Dinge“. Vielmehr ist das „Ding“ ein Gedankensymbol für einen Empfindungskomplex von relativer Stabilität. Nicht die Dinge (Körper), sondern Farben, Töne, Drucke, Räume, Zeiten (was wir gewöhnlich Empfindungen nennen) sind eigentlich *Elemente der Welt*.“

<sup>20</sup> Vgl. z. B. Mach (1933), IV, 4, und dort zitierte Arbeiten.

Die moderne Kognitionswissenschaft (vgl. Kap. 5) hat gezeigt, daß das, was ich empfinde, jedenfalls nicht aus den Machschen Elementen zusammengesetzt ist. Was ich sehe, sind zunächst Gestalten, was ich höre, „Klanggestalten“. Das Primäre sind sogar eigentlich Empfindungen in einer anderen Wortbedeutung: Ich empfinde angenehm – unangenehm; Gefahr – Lust; bleiben! – weggehen!. Alle Empfindungen haben zunächst, auch in der Reihenfolge der Evolution, *Bedeutung*. Erst nachträglich kann ich das Wahrgenommene als zusammengesetzt analysieren, es in seine Elemente auflösen. Die Beschreibung mit Hilfe solcher Elemente ist *Ergebnis* einer objektivierenden Theorie, nicht ihre Voraussetzung. Speziell für die Elemente Machs ist das deutlich zu sehen. Er denkt wohl an die Unterscheidungen, welche einzelne Sinneszellen machen können, und meint mit „Denkökonomie“ die Verarbeitung der Impulse aus diesen Sinneszellen im Nervensystem. Betrachten wir, nach neuerer Erkenntnis, z. B. die schon vom Netzhautsystem des Auges verarbeiteten Nervenimpulse, die Gestalten oder Bewegungen signalisieren, als Elemente, dann können wir in etwas anderer Aufteilung die Machsche Analyse übersetzen: In jedem Fall ist nach Mach das eigentlich Wirkliche zusammengesetzt aus Empfindungselementen, die einer „an sich vorhandenen“ Welt entstammen, die in einer objektivierenden Theorie beschrieben wird. In ihrer Ontologie ist also die Machsche Theorie nicht anders als die klassische Physik, wenn sie auch zunächst von „subjektiven“ Voraussetzungen ausgeht.

### 1.7 Moderne Atomtheorie

Die Physik hat, ebenso wie Mach, nach einfachen Elementen der Wirklichkeit gesucht, in der Neuzeit zunächst naiver als Platon, ohne sich nähere Gedanken über den Charakter solcher Atome oder Elementarteilchen zu machen. Es ist interessant, daß Mach die Hypothese von Atomen zur Erklärung von Phänomenen entschieden abgelehnt hat; sie sei eine, im Vergleich zu seinen Empfindungselementen, viel zu abenteuerliche Spekulation. Erst die Betrachtung von Brownscher Bewegung im Mikroskop hat ihn wohl in seiner Ablehnung schwankend gemacht. – Die Naivität in der Physik der Atome und Elementarteilchen ist durch die Entwicklung der Theorie selbst, nämlich der statistischen Thermodynamik und der Quantenmechanik, aufgehoben worden; wir werden darauf in 3.8ff zu sprechen kommen. Hier wollen wir nur die prinzipielle Frage stellen nach der Möglichkeit von elementaren Bestandteilen, wie sie in der Kantischen »Zweiten Antinomie der reinen Vernunft« gestellt wird<sup>21</sup>. Kant stellt dabei der

*Kants »Zweite Antinomie der reinen Vernunft«*

Thesis:

„Eine jede zusammengesetzte Substanz in der Welt besteht aus einfachen Teilen, und es existieret überall nichts als das Einfache, oder das, was aus diesem zusammengesetzt ist.“

<sup>21</sup> Kant, KrV A 434/B 462.

die Antithesis:

„Kein zusammengesetztes Ding in der Welt besteht aus einfachen Teilen, und es existiert überall nichts Einfaches in derselben.“

gegenüber.

Die Thesis formuliert den Gedanken, welcher der Suche nach Atomen und Elementarteilchen zugrunde liegt; die Antithesis formuliert das entscheidende Problem dieses Gedankens im Rahmen der klassischen Physik. Kant sagt im zweiten Teil des Beweises der Antithesis, daß es unmöglich ist, die „Einfachheit“ eines Objekts zu beweisen. Das Argument besagt sinngemäß, daß man vielleicht gewisse Teile eines Stoffs nicht mehr teilen könne, daß man aber nie *ausschließen* könne, daß ein solcher Teil doch selbst noch Teile hat, auch wenn man zu der Zeit keine Teile erkennen kann. Der erste Abschnitt konkretisiert das Argument: Stellt man sich ein raumerfüllendes Objekt zerschnitten vor, dann erfüllen die Teile Teilräume, jedenfalls wieder endliche Volumina, (wie man in der Sprache der heutigen Physik sagen würde), die man sich wieder in derselben Weise zerschnitten *denken* kann. Auch wenn man ein Objekt nicht wirklich zerlegen kann, hat es doch immer Teile entsprechend den Teilen des Raums, den es erfüllt.

Unendliche Teilbarkeit  
des Raums

Diese Konsequenz scheint mir unausweichlich, wenn man jeweils die Teile als von derselben Art wie das Ganze betrachtet. Man kommt dann zur Aristotelischen Definition des Kontinuums als etwas, dessen Teile wiederum teilbar sind (Aristoteles, Phys. Z), und entsprechend zu einem kontinuierlichen Raum. Kant löst die Antinomie auf (KrV B551 bis B555), indem er diese Kontinuums-eigenschaft in Verbindung bringt mit einer *potentiellen* Unendlichkeit, entsprechend Aristoteles: Daß jeder Teil wieder geteilt werden *kann*, bedeutet nicht, daß er aus solchen herstellbaren Teilen schon (*aktuell*) besteht (vgl. 3.15).

Aristoteles' Kontinuum

Es ist interessant, daß sich genau an dieser Stelle auch die Notwendigkeit der Quantenmechanik zeigte: Bei der „Unmöglichkeit der klassischen Kontinuumsphysik“ (3.1). Die moderne Physik bietet dann eine andere Auflösung der Kantischen Antinomie, indem sie die Gleichartigkeit von Teilen und Ganzem aufhebt: Elementarteilchen sind Objekte ganz anderer Art als etwa sehr kleine Stecknadelköpfe; die gewohnten Begriffe unserer alltäglichen Umwelt sind auf sie nicht anwendbar. Im Detail kommen wir auf die Andersartigkeit dieser Wirklichkeit in 3.15f zu sprechen; hier wollen wir sie an einer Heisenbergschen<sup>22</sup> These zur Teilbarkeit erläutern: Jeder Stoff läßt sich, grob gesagt, in Moleküle aufteilen; Moleküle lassen sich chemisch in Atome zerlegen, Atome lassen sich ganz gut als aus Kern und Elektronenhülle aufgebaut beschreiben, der Kern schließlich noch als bestehend aus Protonen und Neutronen. Was ist aber mit den Elementarteilchen wie Protonen, Neutronen, Elektronen und ca. 200 weiteren? Die einzig mögliche Art, sie zu „teilen“, ist das Beschießen mit

Der Begriff des Teilens

---

<sup>22</sup> Heisenberg (1976).

anderen Elementarteilchen. Wenn die Geschöß-Teilchen genügend Energie haben, dann entstehen aus dem Zusammenprall viele neue Teilchen.

Massendefekt

Die Interpretation dieser neuen Teilchen als Bestandteile des ursprünglichen Teilchens ist allerdings etwas ungewohnt; denn unter den neuentstandenen Teilchen können mehrere vom selben Typ wie das ursprüngliche sein. Hier handelt es sich also eher um eine Vervielfachung als um eine Teilung; die Gesamtmasse der nach dem Zusammenstoß vorhandenen Teilchen kann ein Vielfaches der ursprünglichen Gesamtmasse sein, nämlich in Ruhmasse verwandelte Bewegungsenergie (vgl. 2.3). Dieses Phänomen findet sich schon bei den aus Protonen und Neutronen zusammengesetzten Atomkernen: Der zusammengesetzte Kern hat weniger Ruhmasse als eine entsprechende Anzahl von freien Protonen und Neutronen. Dieser „Massendefekt“ entspricht der Bindungsenergie des Kerns, die in Kernreaktoren oder Atombomben freigesetzt wird. Im Prinzip entsteht bei jeder Bindung von Teilobjekten in einem Gesamtobjekt ein Massendefekt, bei chemischen Bindungen ebenso wie bei der Gravitationsbindung der Planeten an die Sonne; nur ist in den letzteren Fällen der Massendefekt unmeßbar klein verglichen mit den Ruhmassen der Teile.

„Jedes Elementarteilchen besteht aus allen Elementarteilchen“

Ebenso wie in diesen Fällen kann man die Energie, die zur Erzeugung weiterer *Elementarteilchen* bei einem Teilchenstoß notwendig ist, als Bindungsenergie der erzeugten Teilchen betrachten, mit der sie in den ursprünglichen Teilchen gebunden sind. Dann ist allerdings die Bindungsenergie um ein Vielfaches größer als die Ruhenergie des gebundenen Systems, nach bisheriger Erfahrung sogar beliebig groß, und man müßte mit Heisenberg sagen: „Jedes Elementarteilchen besteht aus allen Elementarteilchen.“ Diese Formulierung pointiert, wie unangebracht hier die Vorstellung von Teilen ist, aus denen Elementarteilchen bestehen. Offensichtlich verlieren im Bereich der Elementarteilchen Begriffe wie „Bestandteile“ oder „zusammengesetzt“ ihren üblichen Sinn.

Sind *Quarks* Teile?

Die moderne Elementarteilchentheorie betrachtet Nukleonen (Neutron und Proton) als zusammengesetzt aus je drei „Quarks“. Dabei treten wieder die beschriebenen Probleme auf: Die Bindungsenergie der Quarks ist so groß, daß sie niemals allein gefunden werden. Daß sie „Teile“ des Nukleons seien, ist also eine Sprechweise, die sich nur im Rahmen sehr abstrakter Mathematik rechtfertigen läßt. Jedenfalls bedeutet sie nicht, daß man ein Nukleon in drei Quarks faktisch *teilen* könnte.

Wir werden unter 3.12 Ansätze einer Theorie kennenlernen, in der doch die Zusammensetzung von Objekten auch für Elementarteilchen eine große Rolle spielt – aber in einem ganz abstrakten Sinn. Jedenfalls verflüchtigt sich hier die Vorstellung, das eigentlich Wirkliche seien elementare Bestandteile wie Bausteine in einem Haus.

## 1.8 Quantentheorie

Klassische Begriffe

Die Theorie der „Mikrowelt“ der Atome und Elementarteilchen ist die Quantentheorie. In der Diskussion dieser Theorie spielt gerade die „Wirklichkeit“ eine besondere Rolle. Im Vorgriff auf eine genauere Besprechung im 3.



Kapitel wollen wir deshalb hier kurz die zentrale Frage der *klassischen Begriffe* in der Quantenmechanik betrachten.

Bekanntlich ist mit der Entdeckung der Quantenmechanik eine physikalische Beschreibung von atomaren Phänomenen möglich geworden, die nach der klassischen Physik unverständlich waren. Die Quantenmechanik hat also, als die bessere Theorie über die Wirklichkeit, die klassische Theorie ersetzt; wo sich die Theorien widersprechen, ist die Quantenmechanik richtig, die klassische Theorie falsch. Gemäß der Quantenmechanik ist die klassische Theorie allerdings noch *genähert* richtig in ihrem traditionellen Anwendungsbereich, in dem sie sich ja auch vorher gut bewährt hat.

Das ist ein einleuchtendes Bild vom theoretischen Fortschritt. Allerdings erfaßt dieses Bild nur *einen* Aspekt der Beziehung zwischen klassischer Physik und Quantenmechanik. Der andere Aspekt scheint diesem gerade zu widersprechen: Die Quantenmechanik macht Wahrscheinlichkeitsvoraussagen für Messungen, sie beschreibt aber selbst keine faktischen Meßergebnisse. Daß Messungen existieren und daß sie eindeutig beschreibbar sind, wird in der Quantenmechanik undiskutiert vorausgesetzt. Eine Messung kann nur in den Begriffen der klassischen Physik beschrieben werden. Die Quantenmechanik setzt also die klassische Physik voraus; ohne sie hätten ihre Aussagen überhaupt keine *Bedeutung*.

Die Quantenmechanik setzt die klassische Physik voraus

Wir treffen hier auf die paradoxe Situation, daß einerseits die Quantenmechanik die Begriffe der klassischen Physik voraussetzt, andererseits aber die klassische Physik auf Grund eben dieser Quantenmechanik falsch ist. Die Lösung liegt darin, daß in gewissen Bereichen, eben den hier entscheidenden, die beiden Theorien in genügend guter Näherung übereinstimmen.

Die klassische Physik ist *genähert* richtig

Wir müssen dieses Thema wieder aufnehmen, wenn wir etwas näher auf die begriffliche Struktur der Quantenmechanik eingegangen sind (3.15b). Die hier gegebene, vielleicht allzu kurze Darstellung der „Notwendigkeit klassischer Begriffe“ sollte das Problem der Wirklichkeit noch einmal von einer anderen Seite beleuchten: Die Quantenmechanik, die *richtige* Theorie, gibt Wahrscheinlichkeiten für Meßergebnisse, beschreibt also *Möglichkeiten*; die Messung, also die *Wirklichkeit* des Physikers, wird beschrieben in der klassischen Theorie, die strenggenommen falsch ist. – Lassen Sie mich das anekdotisch noch etwas ausmalen:

Möglichkeit und Wirklichkeit

Niels Bohr, den das Problem der klassischen Begriffe ganz besonders beschäftigt hat, unterhielt sich mit seinen Schülern beim üblichen Institutstee; man sprach über die neue Quantentheorie, welche die alten Probleme so glänzend löste, nur leider begrifflich schwierig schien. Edward Teller äußerte sich optimistisch, es könne doch sein, daß man sich an die bisher ungewohnten Begriffe der Quantenmechanik genauso gewöhnen würde, wie man sich an die vorher ungewohnten Begriffe der Relativitätstheorie gewöhnt habe; die klassische Physik könne man dann ganz vergessen. Darauf Bohr: „Es könnte ja auch sein, daß wir gar nicht hier sitzen und Tee trinken, sondern das alles nur träumen.“ – Dann nämlich, sollte das wohl heißen, wenn wir nicht in der Lage wä-

... was wir getan und was wir gelernt haben

ren, mit Hilfe der klassischen Begriffe eindeutig zu beschreiben, „was wir getan und was wir gelernt haben“.

Schrödingers Katze

Die Wellenfunktion („ $\psi$ -Funktion“), die in der Quantenmechanik den Zustand eines Objekts beschreibt, enthält die möglichen Beschreibungen dieses Objekts als „Überlagerung“. Erwin Schrödinger karikiert die Auffassung, diese  $\psi$ -Funktion sei eine Beschreibung von Wirklichkeit im klassischen Sinn, mit seinem berühmten Katzenbeispiel<sup>23</sup>:

„Man kann auch ganz burleske Fälle konstruieren. Eine Katze wird in eine Stahlkammer gesperrt, zusammen mit folgender Höllenmaschine (die man gegen den direkten Zugriff der Katze sichern muß): in einem Geigerschen Zählrohr befindet sich eine winzige Menge radioaktiver Substanz, so wenig, daß im Lauf einer Stunde vielleicht eines von den Atomen zerfällt, ebenso wahrscheinlich aber auch keines; geschieht es, so spricht das Zählrohr an und betätigt über ein Relais ein Hämmerchen, das ein Kölbchen mit Blausäure zertrümmert: Hat man dieses ganze System eine Stunde lang sich selbst überlassen, so wird man sich sagen, daß die Katze noch lebt, wenn inzwischen kein Atom zerfallen ist. Der erste Atomzerfall würde sie vergiften haben. Die  $\psi$ -Funktion des ganzen Systems würde das so zum Ausdruck bringen, daß in ihr die lebende und die tote Katze (s.v.v.) zu gleichen Teilen gemischt oder verschmiert sind.“

Beschreibung der Wirklichkeit?

Hier ist es besonders deutlich, daß die Quantenmechanik nicht die Wirklichkeit beschreibt. Wenn man das gar nicht von ihr verlangt, entsteht aber auch kein Problem. Die Wellenfunktion beschreibt Ergebnisse möglicher Messungen, in unserem Spezialfall der Feststellung, ob die Katze lebendig oder tot ist. Die Voraussage ist, daß man sie beim Nachschauen in der Hälfte der Fälle lebendig, in der anderen Hälfte der Fälle tot finden wird. Das ist nicht anders als bei beliebigen „klassischen“ Wahrscheinlichkeitsaussagen; die Voraussage aus Sterbetafeln ist ja auch nicht, daß ein heute 40jähriger in 30 Jahren je zur Hälfte aus einem lebendigen und einem toten Mann gemischt sein wird.

Was ist also wirklich?

Sind das eigentlich Wirkliche die Elementarteilchen? Oder die Bäume und die Geigerzähler? Oder unsere Theorien, der mathematische Formalismus? Oder ist die Frage überhaupt unsinnig? Daß diese *Frage* interessant ist, sollte dieses Kapitel zeigen; über eine Antwort kann man am Schluß des Buchs noch einmal reden.

## 1.9 Biologie

Biologie beschreibt uns.

Viel stärker als die Physik mit ihrer allgemeinen Wirklichkeitsbeschreibung beschäftigt heute die *Biologie* das Feuilleton und populäre Sachbücher. Sie beschreibt die Wirklichkeit des Lebens und geht uns, als Menschen, daher viel unmittelbarer an als die Physik.

Die philosophische Diskussion der Biologie wird vor allem auf zwei Gebieten geführt, nämlich erstens auf dem Gebiet der Genetik und Evolutionstheo-

---

<sup>23</sup> Schrödinger (1935).

rie, und zweitens auf dem Gebiet der Kognitionstheorie im Zusammenhang mit dem, was traditionell das „Leib-Seele-Problem“ heißt.

1. Es gibt heute keinen aktiven Biologen, der nicht im Prinzip die Darwin'sche Evolutionstheorie für korrekt hält. Auch unter Philosophen sind es allenfalls Außenseiter, welche die Evolutionstheorie prinzipiell ablehnen. Dagegen ist es ein sehr umstrittenes Thema, was der wissenschaftstheoretische Status der Evolutionstheorie ist, ob sie überhaupt eine naturwissenschaftliche Theorie ist wie etwa Elektrodynamik oder Quantenmechanik, was ihr empirischer Status ist, was ihre Zuverlässigkeit aufgrund empirischer Beweise, und schließlich, ob sie nicht insgesamt uninteressant, da tautologisch ist.

Der wissenschaftstheoretische Status der Evolutionstheorie

Was die Gemüter aber viel stärker bewegt, ist die Frage, wie weit man aus den Erkenntnissen der Evolutionstheorie auf unsere *Conditio humana*, die Bedingung unseres Menschseins schließen kann. Es ist nicht nur die Frage, was die inzwischen anerkannte und sehr ins Bewußtsein des modernen westlichen Menschen gedrungene Tatsache bedeutet, daß wir uns als eng verwandt mit heutigen Primaten und zugehörig zur ganzen Familie der Lebewesen ansehen müssen. Es fragt sich, wie weit Erkenntnisse über das Verhalten von Schimpansen unsere Selbsterkenntnis fördern, wie weit umgekehrt die Erforschung unserer tierischen Verwandten schon von vornherein vorgeprägt ist von unseren homo-sapiens-chauvinistischen oder auch „männlich-sexistischen“ Vorurteilen. – Die Frage, ob die Evolutionstheorie uns Aufklärung darüber geben kann, wie der Mensch erkennt und was er überhaupt erkennen kann: „Evolutionäre Erkenntnistheorie“, und die Frage, was die Erkenntnisse der Evolution uns lehren können über das gute Leben bzw. darüber, was wir tun und was wir lassen sollen: „Evolutionäre Ethik“, das wird heute sehr kontrovers diskutiert. Und ebenso wird die Frage diskutiert, ob wir alles von der Natur erwarten können und nichts vom Geist, den man dann nur einordnen kann unter: *Nichts als Epiphanomen* –?

Selbsterkenntnis aus Biologie?

Verirrungen, die durch Erkenntnisse oder vermeintliche Erkenntnisse aus der Evolutionstheorie hervorgerufen waren, wie etwa der Sozialdarwinismus, die Eugenik, der Rassismus oder Gedanken an Menschenzüchtung, erfordern Aufklärung, auch durch *Naturphilosophie*.

Aufklärung durch Naturphilosophie

Auf der anderen Seite bewegt uns die genetische Technologie, wo der Mensch seine Natur selbst in die Hand nehmen und nach Wunsch zurechtschneiden will, begleitet von der begeisterten Zustimmung oder der angstvollen Sorge der zuschauenden Mitmenschen. Und die Frage stellt sich auch den Philosophen, ob dieses Selbst-in-die-Hand-nehmen der Natur eher Anlaß zur Hoffnung oder Sorge gibt.

Gen-Technik?

2. Die Kognitionswissenschaft ist dabei, das „Funktionieren“ unseres Geistes auf den verschiedensten Ebenen zu erforschen. Man hat gerade in letzter Zeit vieles über die Strukturen unserer Sprache, über das Zusammenspiel verschiedener Areale unseres Gehirns bei einem bunten Strauß von geistigen Leistungen, und schließlich auch über die *Computer*-Simulierung dessen, was menschlicher Geist tut, gelernt. Ist das menschliche Gehirn auch nur ein Com-

Kognitionswissenschaft

puter? Ist Gott, Freiheit, Unsterblichkeit nur eine antiquierte Bezeichnung für Computerfunktionen, die wir bald zu durchschauen lernen? Ist Freiheit und Verantwortung, Glaube und Liebe nur Einbildung? – Oder soll man denen folgen, die am Fortschritt der Naturwissenschaft nur das sehen, daß der Mensch sich dem Bild, das die begeisterten Jünger der Naturwissenschaft von ihm malen, auch faktisch angleicht.

Diese Fragen werden detaillierter im 4. und 5. Kapitel diskutiert.





