

# Physik – Weltbild oder Naturbild?

Prof. Dr. Peter C. Hägele  
Abt. Angewandte Physik, Universität Ulm



Tagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG)  
Sitzung LTR4 der Lehrertage am 31.03.2000 in Regensburg

Erweiterte Fassung vom 5. Juli 2000  
Layout: L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X mit KOMA-Script

## **Zusammenfassung**

Nach herkömmlicher Auffassung bestimmt die Physik als grundlegende Teildisziplin der Naturwissenschaften unser Weltbild, unsere Weltanschauung. Manche sprechen allerdings zurückhaltender davon, daß die Physik nur ein Naturbild liefern könne. Was ist damit gemeint und wie ist dann der Zusammenhang zwischen Naturbild und Weltbild? Im Rahmen der Allgemeinen Modelltheorie werden die Tragweite und auch die Grenzen physikalischer Aussagen aufgezeigt. Dabei wird z.B. deutlich, daß das Naturbild der Physik lediglich funktionale Zusammenhänge angemessen und verbindlich formulieren kann. Es ist mit durchaus unterschiedlichen Weltbildern verträglich. Komplizierend kommt der interessante Befund hinzu, daß das Naturbild selbst von wechselnden vorwissenschaftlichen Leitideen („Themata“, G. HOLTON) bestimmt ist.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Was ist ein Weltbild?</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Wissenschaft und Weltbild</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Tragweite und Grenzen der physikalischen Methodik</b>	<b>11</b>
4.1	Der systemtheoretische Modellbegriff . . . . .	11
4.2	Modelle in der Physik . . . . .	14
4.3	Grenzen der Modellierung . . . . .	17
<b>5</b>	<b>Naturbild und Weltbild</b>	<b>22</b>
5.1	Die Zuordnung von Naturbild und Weltbild . . . . .	22
5.2	Die Mehrdeutigkeit des Naturbildes . . . . .	26
5.3	Vorurteile und Themata bei Naturbildern . . . . .	30
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>35</b>

## Abbildungsverzeichnis

2.1	Eine gewisse Orientierung ist nützlich! . . . . .	7
2.2	Der Mensch durchbricht die Grenze des PTOLEMÄtschen Universums . . . . .	8
4.1	Der allgemeine systemtheoretische Modellbegriff (SOMA-Diagramm) . . . . .	12
4.2	Die Landkarte als Modell . . . . .	13
4.3	Der naturwissenschaftliche Modellbegriff . . . . .	14
4.4	Modell und präparierte Natur . . . . .	18
4.5	Überfragt? . . . . .	20
5.1	Naturbild und Weltbild (I) . . . . .	23
5.2	Naturbild und Weltbild (II) . . . . .	32

## 1 Einleitung

Physik – Weltbild oder Naturbild? Ist das nicht ein Streit um Worte? Sind nicht die Naturwissenschaften, und hier speziell die Physik, dazu da, uns die wissenschaftliche und damit wahre und verbindliche Vorstellung von der Welt zu liefern, – ob man das nun Welt- oder Naturbild nennt?

Im Thema klingt an, daß man hier vielleicht sorgfältigere Unterscheidungen treffen sollte. Es geht um die Frage, in welchem Sinne die Physik in der Lage ist, uns ein Weltbild (eine Weltanschauung) zu geben. Die Physiker W. HEISENBERG und F. HUND sprechen zurückhaltender von einem *Naturbild*.

Es wird sich herausstellen, daß Weltbilder zwar wissenschaftliche Aussagen enthalten, aber nicht einfach und in eindeutiger Weise aus Wissenschaft gefolgert werden können. Komplizierend kommt hinzu, daß wissenschaftliche Aussagen ihrerseits auf vor- und außerwissenschaftlichen Annahmen beruhen, die selbst mehr oder weniger ausgeprägt weltanschaulichen Charakter haben. Die folgende Geschichte, die C. F. v. WEIZSÄCKER berichtet [WEI90, WEI92, 9. Vorlesung], zeigt darüber hinaus, daß Wissenschaft und Weltbild sogar in Konflikt geraten können:

Im Jahre 1938 referierte der damals junge theoretische Physiker C. F. v. WEIZSÄCKER im Physikalischen Kolloquium der Berliner Universität über Elementumwandlungen in der Sonne, die als Energiequelle dienen könnten. Dieser sog. *Kohlenstoff-Zyklus* ist heute Standardwissen der Astrophysiker (BETHE-WEIZSÄCKER-Zyklus). WEIZSÄCKER bemerkte auch, daß diese Kernverschmelzungsreaktionen der Sonne ein Alter garantieren, welches mit einem (endlichen) Weltalter verträglich ist, das sich aus der Rotverschiebung der Spektren von Galaxien ermitteln läßt. Hier meldete nun der berühmte Physiko-Chemiker WALTER NERNST heftigen Widerspruch an: Die unendliche Dauer der Zeit sei ein Grundelement allen wissenschaftlichen Denkens; wer dies leugne, verrate die Grundlagen der Wissenschaft. NERNST war zornig und ließ sich auch durch fachliche Argumente (z.B. einen Hinweis auf den Zweiten Hauptsatz) nicht umstimmen.

WEIZSÄCKER versucht, diesen Konflikt zwischen Wissenschaft und Weltbild zu deuten. Warum war NERNST, der drei Jahre nach dieser Begebenheit starb, so sehr an der zeitlichen Unendlichkeit der Welt gelegen? War das nicht eine ganz irrationale Haltung eines Wissenschaftlers? WEIZSÄCKER weist darauf hin, daß NERNST wohl nicht religiös gläubig war und „daß in seinem Fühlen das immerdauernde Universum an die Stelle sowohl des ewigen Gottes wie auch der unsterblichen Seele getreten war.“ Dieser Ersatzglaube wurde nun von neueren wissenschaftlichen Hypothesen in Frage gestellt, und seine Erregtheit zeigte, daß es hier wohl um mehr ging als um fachlichen Debatten.

Ohne daß nun auf weitere Einzelheiten eingegangen werden soll, zeigt die Begebenheit jedenfalls, daß Wissenschaft und Weltbild keinesfalls immer spannungsfrei zusammenpassen. Es erscheint nötig und lohnend, ihr Verhältnis genauer zu analysieren.

## 2 Was ist ein Weltbild?

Was versteht man unter einem Weltbild und wie kommt es zustande? Jeder Mensch, der über sich und die Welt nachdenkt, *hat* ein Weltbild. Es geht gar nicht um die Frage, *ob* jemand ein Weltbild hat, sondern *welches* Weltbild er sich macht. Gemeint ist damit, welche Vorstellung, welches Bild, welches interne Modell sich jemand von der Welt macht, von der Gesamtwirklichkeit um ihn herum und in ihm.

Typisch für ein Weltbild ist das astronomische Weltbild, das unser Wissen über die Stellung der Erde im Weltall formuliert. Zum Weltbild gehören auch die Vorstellungen über Raum, Zeit und Materie, über Naturgesetzlichkeit und schließlich über den gesamten Kosmos und seine Geschichte.

Zu einem Weltbild gehören aber auch Vorstellungen über den Menschen, über sein Wesen, seine Herkunft, seine Geschichte, sein Schicksal und seine Zukunft. Dieser Teil eines Weltbildes ist das *Menschenbild*, das jemand hat. Es beinhaltet ein Wissen um Werte und Verantwortung (Ethik) und Ansichten über Sinn und Ziel der eigenen Existenz und der Menschheit. Nicht zuletzt gehört zu einem Weltbild auch eine Antwort auf die Frage nach Gott. Der Begriff des Weltbildes ist damit recht weit und allgemein gefaßt. Oft spricht man auch von *Weltanschauung*.

Weltbilder *gibt es* nicht einfach, – wir *machen* uns ein Weltbild. „Weltbilder entstehen im Kopf“<sup>1</sup>. Solch ein Bild ist immer *mehr* als ein bloßes Abbild. Es ist gestaltet und integriert auch Wissensbereiche, welche nur bruchstückhaft bekannt sind, zu einem – oft suggestiv wirkenden – Ganzen.

Damit wird auch verständlich, daß verschiedene Menschen recht unterschiedliche Weltbilder haben können. Typisch ist etwa der Titel „Mein Weltbild“ eines Buches von ALBERT EINSTEIN.

Wie kommt denn nun bei einem Menschen ein Weltbild zustande? Folgende Elemente lassen sich hier nennen:

- Übernahme von Wissen anderer durch Ausbildung und Selbststudium. Übernahme dessen, was man gerne „wissenschaftliches Weltbild“ nennt.
- Eigene Beobachtungen und Erfahrungen; u. U. eigene wissenschaftliche Arbeiten.
- Eigenes Spekulieren, das Wissenslücken überbrückt; eigene philosophische Deutungen der Welt; eigene gewachsene Überzeugungen, Hoffnungen, Sehnsüchte und Ängste.

---

<sup>1</sup>Werbeslogan der Zeitschrift „Spektrum der Wissenschaft“

- Wissen um die eigene Biographie und das eigene Schicksal; damit verbunden: die eigene Glaubensüberzeugung, also das, was man letztlich für wahr und tragfähig hält, das, worauf man vertraut. In diesem Sinne *glaubte* KOLUMBUS, daß es einen Seeweg nach Indien gibt, und er setzte seine Existenz dafür aufs Spiel. Im gleichen Sinne glaubte auch NERNST an die Ewigkeit der Materie und der Welt.

Zu welchem Zweck macht der Mensch sich ein Weltbild? Welche Funktion hat es? Hier lassen sich mindestens drei Aspekte nennen:

1. Ein Weltbild soll *Orientierung* geben. Der Mensch hat das ausgeprägte Bedürfnis, sich zurechtzufinden in der Welt. Er möchte seinen Ort, seine Stellung in der Welt verstehen. Er will Erkenntnis über sich und die Welt. Die Karikatur (Abb. 2.1 [BOE88])

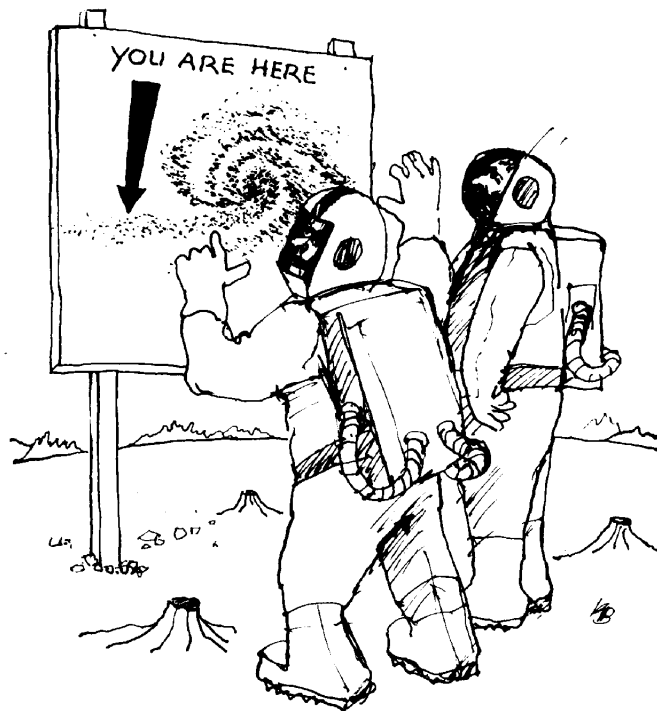


Abbildung 2.1: Eine gewisse Orientierung ist nützlich!

verdeutlicht das Orientierungsbedürfnis, das sich in einem Weltbild ausdrückt: Zwei einsame Astronauten, die auf einem fremden Himmelskörper landen, finden eine Schautafel, auf der ihre genaue Position in einer Galaxie markiert ist (mit englischer Beschriftung!).

2. Der Mensch möchte darüber hinaus in einem Weltbild Geborgenheit finden, *bergendes Wissen* haben (HEMMINGER [HEM91, S. 264]). Frühere astronomische Weltbil-

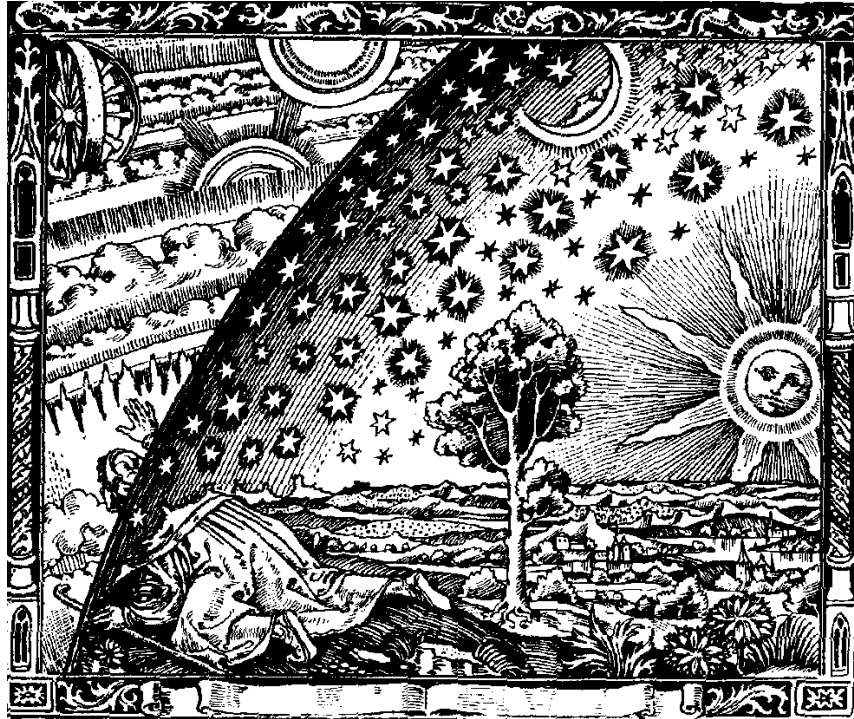


Abbildung 2.2: Der Mensch durchbricht die Grenze des PTOLEMÄischen Universums

der besitzen oft eine käseglockenartige Schale, welche den Lebensraum der Erde vor dem Unbekannten, dem Chaos, abschirmt. Modernere Vorstellungen vom Kosmos erzeugen seit KOPERNIKUS und GALILEI eher ein Gefühl der Ungeborgenheit und Verlorenheit. Die Abb. 2.2 zeigt einen Holzstich des Populärastronomen FLAMMARION von 1888, welcher den wissenschaftlichen Umbruch der Neuzeit darstellt: Der Mensch beginnt, das bergende PTOLEMÄische Universum zu verlassen [TEI85, S. 201].

Auch der materialistische Glaube an die Ewigkeit und Unzerstörbarkeit der Materie konnte eine existentielle Geborgenheit vermitteln angesichts allen Wechsels und der Vergänglichkeit des eigenen Daseins. In der christlichen Weltsicht hat dagegen eine personale Bindung an den lebendigen Gott Vorrang vor allem Weltbildwissen.

3. Nicht zuletzt gibt ein Weltbild auch *Macht*: „Wissen ist Macht“ (F. BACON). Das wissenschaftlich-technische Know-how ermöglicht den verändernden Zugriff auf unsere Welt und den Menschen. Diese Art der Weltbemächtigung mit ihren Licht- und Schattenseiten prägt unsere Zeit.

Man sollte sich allerdings bewußt machen, daß es gar nicht zu allen Zeiten selbstverständ-



lich war, ein Weltbild in der beschriebenen Weise zu haben.<sup>2</sup> Voraussetzung für ein Weltbild ist, daß der Mensch sich als Gegenüber der Welt begreift, sich als Subjekt versteht. Erst der autonome Mensch der Neuzeit konnte sich deshalb ein Weltbild machen.

„Erst durch die Subjektivierung des Subjekts wurde der Rahmen für die Frage nach einem ‘Weltbild’ abgesteckt und wurde es zum Problem, welche Stellung der Mensch in der Welt (d.h. in seinem eigenen Weltbild) habe.“ [HEL89, S. 8]

Bezeichnenderweise nimmt DESCARTES das eigene Denken als Ausgangs- und Angelpunkt der Selbstvergewisserung: „Cogito ergo sum.“<sup>3</sup> Erst der moderne Mensch, der sich wesentlich als Gegenüber der Welt versteht, entwirft die Welt in einem aktiven, kreativen Tun, so wie ein Künstler ein Kunstwerk schafft: dieses ist kunstvoll und bewunderungswürdig – aber eben auch künstlich. Und das selbstgeschaffene Wissen ist und bleibt hypothetisch und überholbar. HEIDEGGER formuliert:

„Der Grundvorgang der Neuzeit ist die Eroberung der Welt als Bild.“<sup>4</sup>

Hier klingt das Indirekte, nur Mittelbare, aber auch das Gewalttätige des Weltbezuges an; und der Weg zur Ausbeutung der Welt (ganz aufschlußreich oft als *Umwelt* bezeichnet) und zu ökologischen Katastrophen ist vorgezeichnet. Allerdings ist es zu einfach, nun alleine bei DESCARTES die Wurzel dieser Probleme zu suchen.<sup>5</sup>

Es ist naheliegend, sich im Rahmen des autonomen Weltbild-Machens auch eigene Bilder von Gott zu entwerfen. Und dies geschieht auch häufig.<sup>6</sup> Aus christlicher Sicht führen solche Entwürfe allerdings zu Zerrbildern von Gott und fallen unter das alttestamentliche Bilderverbot in Exodus 20.

---

<sup>2</sup>Vgl. hierzu [HEL89].

<sup>3</sup>„Ich denke, also bin ich.“

<sup>4</sup>[HEI50], zit. nach [HEL89].

<sup>5</sup>Vgl. z.B. CAPRA [CAP85].

<sup>6</sup>Vgl. Abschnitt 5.1; [FRI83, S. 9f.].

### 3 Wissenschaft und Weltbild

Wie hängen denn nun Wissenschaft und Weltbild (oder Weltanschauung) zusammen? Diese Frage soll hier vor allem im Blick auf die Naturwissenschaft Physik besprochen werden. Nach weit verbreiteter Ansicht sagt uns *die Wissenschaft* wie die Welt ist. Und mit dem Fortschritt der Wissenschaft verändert und erweitert sich das Weltbild. H. UND W. HEMMINGER charakterisieren dies allerdings als einen *Glauben*:

„Der Glaube an die Möglichkeit eines ‚wissenschaftlichen Weltbildes‘ gehört u.a. zu den Grundlagen der neuzeitlichen Ideologien [...] Das Weltbilddenken in unserem Sinn ist aber viel unspezifischer und allgemeiner verbreitet als ideologisches Denken. Eine schöne Formulierung findet sich bei Manfred Stöckler: ‚Die wahre Welt als das Korrelat der vollendet gedachten Wissenschaft zu betrachten, genau das ist das Wesen des Naturalismus‘ – und, so fügen wir hinzu, des ‚wissenschaftlichen Weltbilds.‘“ [HEM91, Anm. 101]

Für den oben eingeführten Weltbildbegriff (vgl. Abschnitt 2) kann es also nicht stimmen, daß Wissenschaft und Weltbild sich decken, daß die Wissenschaft alleinige Quelle des Weltbildes ist. Wie sich an vielen Beispielen zeigen läßt, haben nämlich Wissenschaftler, die Zeitgenossen sind, trotz vergleichbaren wissenschaftlichen Kenntnisstandes durchaus recht unterschiedliche Weltbilder. Der Zusammenhang zwischen Wissenschaft und Weltbild ist offenbar gar nicht so direkt, sondern schwächer, lockerer. Zweifellos prägt die Wissenschaft Teile unseres Weltbildes. Zu fragen ist dann: Welche Teile oder Aspekte eines Weltbildes sind dies?

Man könnte versuchen, diese Anteile der Wissenschaft an einem Weltbild durch Aufzählung der wissenschaftlichen Aussagen abzugrenzen. Hier wären also z.B. die astronomischen Vorstellungen zu nennen, die Theorien der Materie, die molekularbiologischen Aussagen und die anthropologischen Ergebnisse. Tiefergehend und fruchtbarer ist jedoch der Versuch einer Zuordnung und Abgrenzung durch Diskussion der *Methodik* der Naturwissenschaften. Dies soll in den folgenden Abschnitten geschehen.

## 4 Tragweite und Grenzen der physikalischen Methodik

Wie sieht die Methodik der Naturwissenschaften, speziell der Physik, aus? Ganz grob kann man sie als eine Zweischnitt-Methode charakterisieren. Man macht zum einen Experimente und Beobachtungen, welche Daten liefern. Zum andern entwirft man Hypothesen, Bilder, Modelle, Theorien, in denen sich die Daten logisch verknüpfen und *erklären* lassen. Fruchtbare Theorien regen zu neuen Experimenten und Beobachtungen an, die entweder zur Bestätigung und nach und nach zur Bewährung von Theorien führen, oder aber Theorien als falsch erweisen, falsifizieren. Im Wechselspiel dieser beiden Schritte wächst physikalische Erkenntnis.

Folgt man dem Sprachgebrauch von STACHOWIAK u.a., die den Begriff des Modells weit fassen, so kann man den zweiten Schritt der physikalischen Methodik zusammenfassend als *Modellbildung* bezeichnen. Im folgenden soll dieser allgemeine, sog. *systemtheoretische* Modellbegriff etwas genauer diskutiert werden. An ihm lassen sich Tragweite und Grenzen physikalischer Modellbildung – und damit des wissenschaftlichen Vorgehens – gut verdeutlichen.

### 4.1 Der systemtheoretische Modellbegriff

Die Herstellung von Modellen und das Hantieren mit ihnen ist nach STACHOWIAK *die* wesentliche Form von Erkenntnisgewinnung, *der* eigentliche und typische Umgang mit Wirklichkeit:

„Zu den Grunderlebnissen des Menschen gehört dasjenige der Dichotomie<sup>1</sup> von Vor-gegebenem und Nach-vollzogenem, von Original und Modell. Wir können den Menschen geradezu als das modellbildende Wesen begreifen. Alles was ihm neu- und fremdartig erscheint, sucht er sich im Medium der Modellbildung anschauend, beobachtend, interpretierend, vergewissernd anzueignen. Sein Lernen ist ein Lernen an und mit Modellen, und sein Handeln wesentlich ein Handeln nach Modellen; [...]“ [STA80]

Die Allgemeine Modelltheorie beschäftigt sich als Teil der Wissenschaftstheorie systematisch mit dem Begriff des Modells und der Herstellung und Verwendung von Modellen. Sie formuliert als Theorie des Abbildens von *Originalen* in Modelle wesentliche Züge des Erkenntnisprozesses. Dabei stellt sie vor allem auch die Perspektivität (Subjektbezogenheit) und Begrenztheit allen Modellierens heraus.

Im folgenden soll eine einfache (nicht formalisierte) Einführung in die Struktur des systemtheoretischen Modellbegriffs gegeben und seine Tragweite für die Physik diskutiert

---

<sup>1</sup>Dichotomie – Zweiteilung, Gliederung

werden.<sup>2</sup> Dabei werden die Ansätze von STACHOWIAK [STA65, STA73, STA83, SEI89], KLAUS [KLA69] und STEINMÜLLER [STE93] verwendet. Dieser Modellbegriff hat eine reiche innere Struktur und ermöglicht es damit, den recht unterschiedlichen Gebrauch des Begriffs *Modell* unter einheitlichen Gesichtspunkten zu diskutieren. Dabei werden auch Hinweise auf die mit der Modellierung verbundene spezielle Darstellung („Präparierung“) von Wirklichkeit gegeben.

In Anlehnung an kybernetische Untersuchungen von KLAUS [KLA69] und STEINMÜLLER [STE93] läßt sich der allgemeine systemtheoretische Modellbegriff in einem Diagramm übersichtlich darstellen (Abb. 4.1). Diese Darstellung soll

**SOMA**-Diagramm (S**ubjekt** – **O**riginal – **M**odell – **A**dressat)

genannt werden.<sup>3</sup> Das, was man ein *Modell*<sup>4</sup> nennt, ist hier in Beziehung gesetzt zu ei-

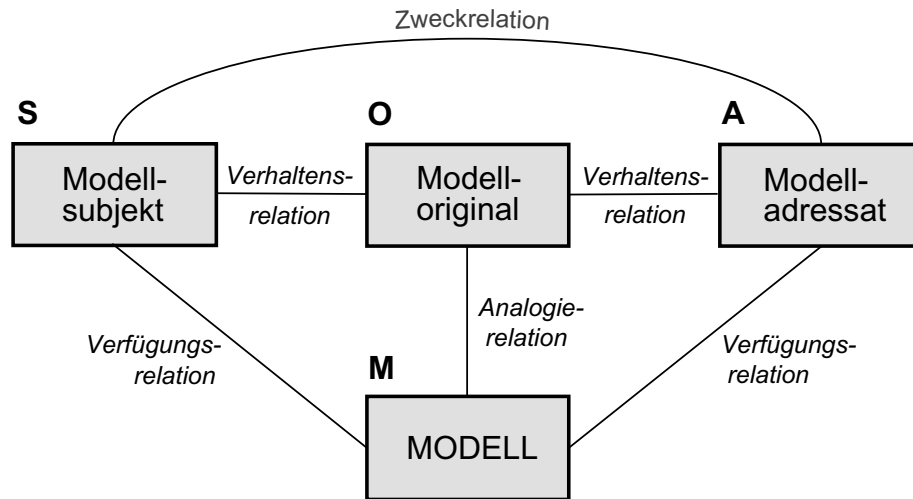


Abbildung 4.1: Der allgemeine systemtheoretische Modellbegriff (SOMA-Diagramm)

nem *Modelloriginal*<sup>5</sup>, einem *Modellsubjekt* und einem *Modelladressaten*. Zwischen Modell und Modelloriginal besteht eine *Analogierelation*, zwischen dem Modell und dem Modellsubjekt eine *Verfügungsrelation*, und zwischen Modellsubjekt und Modelloriginal eine *Verhaltensrelation*. Soweit es sich beim Adressaten um eine Person handelt, ist diese ebenfalls durch eine Verhaltensrelation an das Modelloriginal und eine Verfügungsrelation an das Modell gebunden. Modellsubjekt und Modelladressat sind durch eine *Zweckrelation* verknüpft. Ein einfaches Beispiel soll hier einen mehr anschaulichen und intuitiven Zugang zum Modellbegriff geben: Eine Landkarte ist eine Art von verkleinerter Abbildung,

<sup>2</sup>Ein ausführlicheres Buchmanuskript ist in Vorbereitung: HÄGELE, P. C.: Menschen machen Modelle (Arbeitstitel). Klett-Verlag, Stuttgart.

<sup>3</sup>Vereinfacht nach [STE93, S. 181].

<sup>4</sup>Andere Bezeichnung: Modellobjekt oder „Modell im engeren Sinne“ bei [STE93, S. 180].

<sup>5</sup>Modelloriginal ist die Bezeichnungsweise von STACHOWIAK, KLAUS spricht von Modellobjekt.

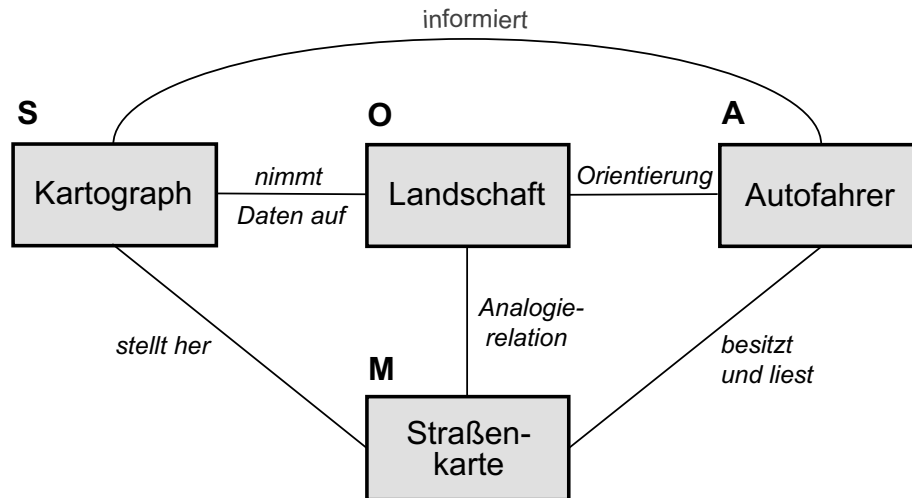


Abbildung 4.2: Die Landkarte als Modell

ein *Modell* einer Landschaft (vgl. Abb. 4.2). Modelloriginal ist die Landschaft. Modellsubjekt ist der Hersteller der Karte, der Kartograph. Er ist in der Lage, aus Daten, die er durch Beobachtungen und Messungen gewonnen hat (Verhaltensrelation), die Karte zu erstellen. Was und wieviel er im einzelnen einträgt und wie er es darstellt, wird von ihm verfügt (Verfügungsrelation) und hängt vom speziellen Zweck der Karte ab.<sup>6</sup> Eine Straßenkarte der Landschaft soll dem Autofahrer als Adressaten helfen, sich in der Landschaft zurechtzufinden, schon ehe er die Straßen aus eigener Erfahrung kennt. Damit ist der vom Kartographen beabsichtigte Zweck der Karte erfüllt (Zweckrelation). Einen etwas anderen Zweck hätte eine Wanderkarte für einen anderen Adressaten, den Wanderer: Dieser möchte der Karte Steigungen oder Rasthäuser entnehmen und nicht Tankstellen oder Umgehungsstraßen.

Die Analogierelation beschreibt die *Ähnlichkeit* der Karte mit der Landschaft.<sup>7</sup> Sie kann struktureller Art (Wie?) bzw. qualitativer Art (Was?) sein. Die Abbildung ist nie vollständig, es liegt immer eine – durchaus beabsichtigte – Verkürzung, Vereinfachung vor. Man spricht von unterschiedlichen Graden struktureller bzw. qualitativer Angleichung. Der festgelegte Maßstab garantiert eine hohe strukturelle Angleichung; bezüglich der Höhen hat man eine geringe qualitative Angleichung, da diese – anders als bei einer Reliefdarstellung – durch Farben oder Höhenlinienscharen codiert werden müssen.

Oft fallen Modellsubjekt und Modelladressat zusammen: Der Wanderer nimmt eine Karte zur Hand und informiert *sich*. – Weitere Merkmale des Modellbegriffs lassen sich leicht an diesem Beispiel der Landkarte in entsprechender Weise veranschaulichen.

<sup>6</sup>Eine schöne Übersicht über Karten findet sich bei WOOD, D. [Woo93]. Hier wird deutlich, daß der subjektbezogene Aspekt immer vorliegt, unabhängig von der Präzision der Karte.

<sup>7</sup>Dies läßt sich mit dem mathematischen Begriff der *homomorphen Abbildung* präzisieren.

Auch außerhalb der Naturwissenschaften trifft man auf Modellbildungen. Man nennt sie z.B. in den Sprachwissenschaften Bild, Vergleich, Gleichnis, Parabel, Symbol usw.

## 4.2 Modelle in der Physik

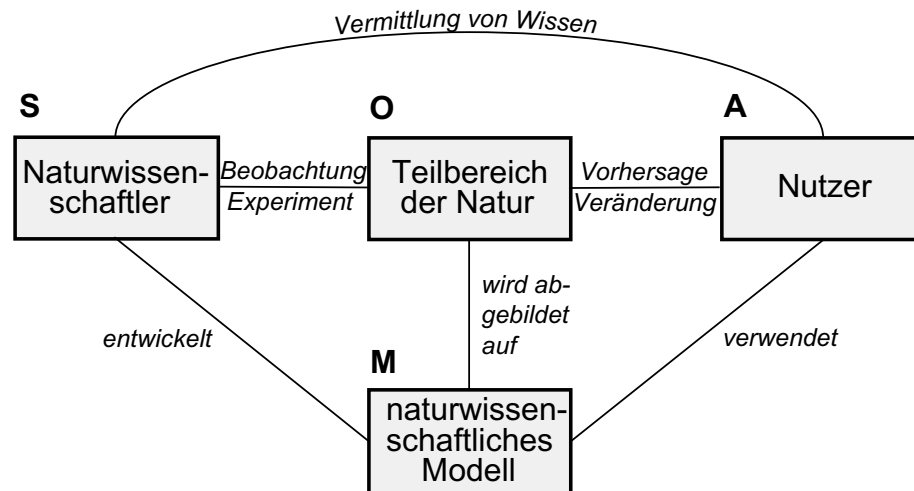


Abbildung 4.3: Der naturwissenschaftliche Modellbegriff

Der bisher besprochene Modellbegriff ist sehr umfassend definiert. In den Naturwissenschaften spricht man in speziellerer Weise von Modellen (vgl. Abb. 4.3). Modelloriginal ist hier i.a. ein Teilbereich der Natur. Der Prozeß der physikalischen Modellbildung wurde bereits von H. HERTZ (1857-1894) in klassischer Weise klar formuliert. Er war auch der erste, der den Modellbegriff konsequent in die Naturwissenschaften einführte:<sup>8</sup>

„Das Verfahren aber, dessen wir uns zur Ableitung des Zukünftigen aus dem Vergangenen und damit zur Erlangung der erstrebten Voraussicht stets bedienen, ist dieses: Wir machen uns innere Scheinbilder oder Symbole der äußeren Gegenstände, und zwar machen wir sie von solcher Art, daß die denknotwendigen Folgen der Bilder stets wieder Bilder seien von den naturnotwendigen Folgen der abgebildeten Gegenstände. Damit diese Forderung überhaupt erfüllbar sei, müssen gewisse Übereinstimmungen vorhanden sein zwischen der Natur und unserem Geiste. Die Erfahrung lehrt uns, daß die Forderung erfüllbar ist und daß also solche Übereinstimmungen in der Tat bestehen.

Ist es uns einmal geglückt, aus der angesammelten Erfahrung Bilder von der verlangten Eigenschaft abzuleiten, so können wir an ihnen, wie an Modellen, in kurzer Zeit die Folgen entwickeln, welche in der äußeren Welt erst in längerer Zeit oder als Folge unseres Eingreifens auftreten werden; wir vermögen so

<sup>8</sup>HERTZ [HER63]; siehe auch SIMONYI [SIM90, S. 350f.]; siehe ferner LOPES COELHO [LOP97].

den Tatsachen voranzueilen und können nach der gewonnenen Einsicht unsere gegenwärtigen Entschlüsse richten. – Die Bilder, von welchen wir reden, sind unsere Vorstellungen von den Dingen; sie haben mit den Dingen die eine wesentliche Übereinstimmung, welche in der Erfüllung der genannten Forderung liegt, aber es ist für ihren Zweck nicht nötig, daß sie irgend eine weitere Übereinstimmung mit den Dingen haben. In der Tat wissen wir auch nicht und haben auch kein Mittel zu erfahren, ob unsere Vorstellungen von den Dingen mit jenen in irgendetwas anderem übereinstimmen als allein in eben jener einen fundamentalen Beziehung.“

Hier wird deutlich, daß Modellbildung (Theoriebildung) glücken oder auch nicht glücken kann! Modelle werden vom Modellsobjekt nicht in einem streng logischen Vorgehen deduziert, sondern eher in einem kreativen Prozeß erahnt, entworfen (konstruiert) und erst dann kritisch mit den Beobachtungsdaten getestet.<sup>9</sup>

Man muß allerdings auch wissen, daß in der Physik die Ansichten darüber nicht ungeteilt waren, was unter einem Modell zu verstehen ist und welchen Stellenwert es hat. So betonte etwa LORD KELVIN (W. THOMSON) die dominierende Rolle mechanischer Modelle:

„Ich begnüge mich nie ohne mechanisches Modell; wenn ich mir ein solches Modell machen kann, verstehe ich die Theorie, so lange ich kein Modell habe, verstehe ich sie nicht.“ [JAM65]

MAXWELL warf er vor, daß er sich in mystischen Nebel hülle, wenn er sich von dem mechanistischen Modell entferne [TOR82]. Im Gegensatz dazu sagte der Energetiker W. OSTWALD über den Gebrauch von mechanischen Modellen:

„Du sollst Dir kein Bildnis oder irgend ein Gleichnis machen!“ [JAM65]

OSTWALD bevorzugte eine Physik der Prinzipien. Er wollte die mechanische Weltsicht durch eine energetische ersetzen. Später warnte einmal DIRAC seinen Kollegen SCHRÖDINGER in der Diskussion um die Quantenmechanik:

„Keine Modelle machen, überhaupt keine Bilder machen!“ [FER72]

Ganz anders wiederum äußerte sich HEISENBERG:

„Die Quantentheorie ist ein so wunderbares Beispiel dafür, daß man einen Sachverhalt in völliger Klarheit verstanden haben kann und gleichzeitig doch weiß, daß man nur in Bildern und Gleichnissen von ihm reden kann.“ [HEI75]

---

<sup>9</sup>Die oben besprochene Landkartenherstellung ist als Beispiel hier weniger geeignet!

Im folgenden soll die geschichtliche Entwicklung des physikalischen Modellbegriffs nicht weiter verfolgt werden. Heute läßt sich jedenfalls zusammenfassend feststellen, daß Modelle aus der Physik nicht mehr wegzudenken sind. Modelle wurden „zu einem integralen Bestandteil der Methodologie der physikalischen Wissenschaften“ [JAM65]. Es stellt sich heraus, daß die innere Struktur des hier eingeführten systemtheoretischen Modellbegriffs reich genug ist, um die Besonderheiten der heute gebräuchlichen Varianten des Begriffs *Modell* in der Physik zu charakterisieren. Dort lassen sich mindestens sechs unterschiedliche Varianten des Modellbegriffs aufweisen.<sup>10</sup> Ähnliches ließe sich für die Chemie, aber auch für die Biologie, Geologie und andere Erfahrungswissenschaften zeigen.

Folgende Varianten des Modellbegriffs lassen sich im physikalischen Sprachgebrauch unterscheiden:

1. Modell: Ein skaliertes Abbild eines Prozesses
2. Modell: Analogie zwischen einem unbekanntem und einem bekannten Naturbereich
3. Modell: Theorie, die einen großen Teilbereich der Natur beschreibt
4. Modell: Vorstufe oder Idealisierung einer allgemeinen Theorie
5. Modell: Gedankenexperiment
6. Modell: Physikalische Interpretation einer mathematischen Struktur

Für die folgenden Überlegungen soll vor allem die dritte Variante zugrunde gelegt werden: Modell als Theorie, die einen großen Teilbereich der Natur beschreibt. Häufig unterscheidet man ja begrifflich zwischen Theorie und Modell (vierte Variante). Die abstrakte, formalisierte Theorie wird gerne dem anschaulicheren, gröberen, vorläufigen Modell gegenübergestellt. Hier handelt es sich aber eher um einen graduellen als um einen prinzipiellen Unterschied. Nach den Untersuchungen von HUND [HUN65] und HESSE [HES53] kann man auch Theorien und Denkschemata zu den Modellen rechnen. Auch PAULI [PAU61] nennt eine physikalische Theorie „innerhalb der Begrenzung ihres Anwendungsbereiches“ ein „Modell der Wirklichkeit“. PLANCK spricht sogar von dem Modell, welches wir das „physikalische Weltbild“ nennen.<sup>11</sup>

Theorien sind Modelle mit einer höheren Dignität als Hypothesen oder gar Spekulationen. Sie beschreiben häufig einen großen Teilbereich der Natur (Modelloriginal) zuverlässig. Bewährte große Theorien sind z.B. die klassische Mechanik, die Quantenmechanik<sup>12</sup> und die Spezielle Relativitätstheorie.

Als Modellmaterial fungieren unterschiedliche Teiltheorien der Mathematik. Die Mathematik ist wegen ihres enormen Strukturreichtums das bevorzugte Material physikalischer Modelle. Die Analogierelation ist durch einen sehr hohen Grad der strukturellen Angleichung charakterisiert und durch einen minimalen Grad qualitativer Angleichung: Dies

<sup>10</sup>Vgl. HUND [HUN65]; SCHÜRMAN [SCU77]; KUHN [KUH77]; PEIERLS [PEI80]; HÄGELE [HAE97].

<sup>11</sup>Zit. nach [FRE60].

<sup>12</sup>Die Bezeichnungen Quantenhypothese, Quantentheorie, Quantenmechanik weisen auf steigende Dignität hin.



ist die oft beklagte Abstraktheit der modernen Physik. Die in Gleichungen verknüpften mathematischen Formelzeichen haben nur noch strukturelle aber keine qualitativen Entsprechungen mehr in der Natur. Wer aber gelernt hat, mit der mathematischen Formelsprache umzugehen, der kann sich mit Hilfe von Theorien in entsprechender Weise in der Natur zurechtfinden wie der Wanderer, der die Landschaft in seiner Karte mit der Kenntnis der Legende studiert. Die vielschichtigen Zusammenhänge bei der Abbildung von Naturvorgängen auf Mathematik wurden von G. LUDWIG u.a. intensiv studiert.<sup>13</sup>

### 4.3 Grenzen der Modellierung

Bei der Frage der Modellierung der Natur stoßen wir auf das alte Problem, daß ja gar nicht die *Natur an sich* abgebildet wird, sondern eine Natur, wie sie sich durch die *Filter* unserer Sinnesorgane, unserer Meßgeräte und Apparate (die ja selbst der Natur angehören) und allgemein unserer experimentellen Anordnungen zeigt. Die Fragestellungen an die Natur erfolgen zudem in einem Begriffsraster, das zwar oft vorläufig, aber immer schon vorhanden ist. Auch müssen die Meßgeräte immer schon durch (vorläufige) *Vorthorien* beschrieben sein, ehe man die Meßergebnisse interpretieren kann. Der Wissenschaftstheoretiker G. FREY formuliert:

„Die nach-kantische Philosophie und Naturwissenschaft kann sich der Konsequenz immer weniger entziehen, daß die Hypothesen, die theoretischen Entwürfe der Naturwissenschaften nicht eine an-sich-seiende Wirklichkeit wiedergeben. Sie sind nur Modelle. [...]

Das Modell ist also etwas, mit dem wir anstelle einer nicht faßbaren Wirklichkeit operieren.“ [FRE60]

Somit ist strenggenommen nicht *die Natur* das Modelloriginal der Naturwissenschaftler, sondern eine durch die genannten Filter *präparierte* Natur (siehe Abb. 4.4). Der Tatbestand dieser fundamentalen Grenze kommt auch sehr schön in einem Gleichnis von EDDINGTON zum Ausdruck:

Ein Fischkundler analysiert seine gefangenen Fische und formuliert darauf hin folgende wissenschaftliche Aussage: „Alle Fische sind größer als 5 cm.“ Er muß dann allerdings schnell einsehen, daß diese Aussage wesentlich von der Maschenweite seines Netzes bestimmt ist und keine absolute Behauptung über Fischgrößen sein kann.<sup>14</sup>

Insofern sind physikalische Modelle bzw. Theorien keine simplen Abbilder der Naturwirklichkeit; das beobachtende und strukturierende Modellsubjekt ist nie eliminierbar. Auch Aussagen der Art, daß wir uns mit Modellen *der Wirklichkeit annähern*, sind deshalb fragwürdig. Sie setzen im Grunde einen Standort außerhalb von Naturwirklichkeit und Modell voraus, von dem aus man Modell und Wirklichkeit vergleichen könnte.

Dennoch braucht nicht angenommen zu werden, daß unsere Modelle nur rein gedankliche Konstruktionen sind und lediglich von uns selbst erzeugte Wirklichkeit enthalten.

---

<sup>13</sup>Siehe z.B. [FRE67], [LUD78], [SCR90, SCR96].

<sup>14</sup>Siehe z.B. [DUE88].

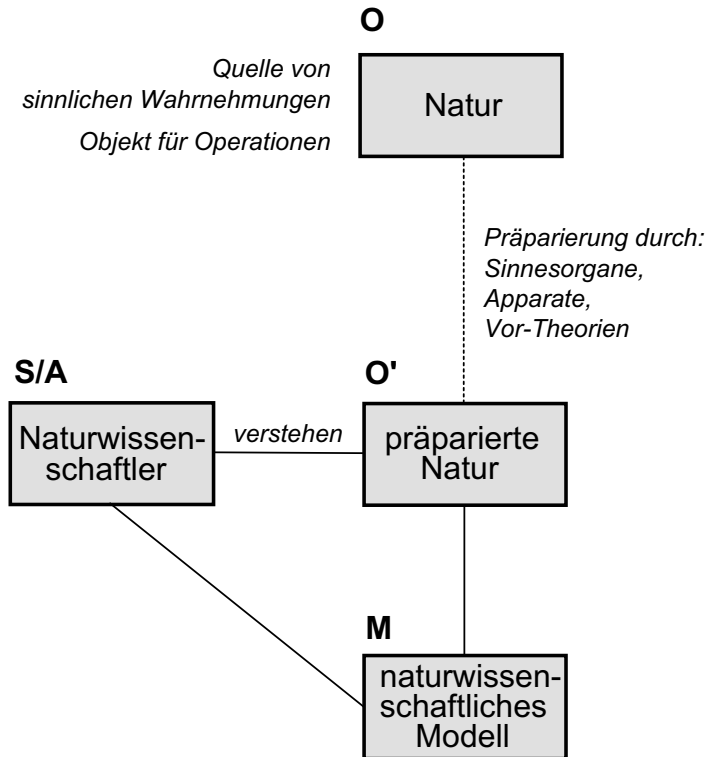


Abbildung 4.4: Modell und präparierte Natur

Auch eine präparierte Natur ist Natur und etwas Vorgegebenes. Dieses wird von uns dann allerdings in unterschiedlicher Weise verkürzt und verändert abgebildet. Ein indirekter Hinweis auf die Objektivität von Naturwirklichkeit ist nach G. LUDWIG, daß die Vorthorien sich mit den später entwickelten Theorien immer wieder als verträglich (konsistent) erweisen [LUD79].

Hier schließt sich eine Fülle von Fragen an: Wie geht eine Theoriebildung genau vor sich? Wie wird eine Theorie bestätigt? Kann man sie verifizieren oder nur ggf. falsifizieren (POPPER)? Kann man einzelne Aussagen einer Theorie verifizieren oder falsifizieren? Wie lange kann man eine Theorie einer Falsifikation entziehen, z.B. durch Ad-hoc-Zusatzannahmen? Gibt es Fortschrittskriterien für Theorien und wie sehen sie ggf. aus? Wie hängen verschiedene Theorien inhaltlich miteinander zusammen? Wie kann man wissenschaftliche von unwissenschaftlichen Theorien abgrenzen? Theorien sollen denkökonomisch und möglichst einfach sein. Wie läßt sich diese Forderung präzisieren? Diese Fragen sind bis heute Gegenstand intensiver Diskussionen und reichen über die Modelltheorie hinaus in die allgemeine Wissenschafts- und Erkenntnistheorie. Sie können hier nicht besprochen werden.<sup>15</sup>

<sup>15</sup>Eine gute Einführung in Fragestellungen der Wissenschaftstheorie gibt z.B. CHALMERS [CHA99].

Bereits im Rahmen der bisher besprochenen Charakteristika der Modellbildung lassen sich aber weitere wesentliche Grenzen der naturwissenschaftlichen (physikalischen) Methodik markieren:

Zunächst gibt es natürlich *relative Grenzen*. Forschung hängt ab vom Stand der Technik, von der Rechenleistung der Prozessoren in Computern, von den zur Verfügung stehenden finanziellen Mitteln usw. Solche Grenzen verschieben sich mit der Zeit und bedeuten i.a. keine prinzipielle Beschränkung.

Interessanter sind die *absoluten Grenzen*. Dies sind solche Grenzen, die prinzipiell gegeben sind und sich nicht mit äußeren Bedingungen und dem Stand der Forschung ändern. So haben alle naturwissenschaftlichen Modelle einen prinzipiell hypothetischen Charakter. Sie werden entworfen und getestet und sind dabei immer wieder Versuchen der Falsifikation ausgesetzt. Ihre *Wahrheit* liegt allein in ihrer *Bewährung*. Aber selbst lange bewährte Modelle können an neuen Daten scheitern. Interpolationen und Extrapolationen sind nie mit Notwendigkeit richtig. Wir sind nie „gefeit“ gegen überraschend Neues, das zu einer Abänderung von Modellen zwingt.

Eine besonders wichtige absolute Grenze liegt darin, daß physikalische Modelle immer nur Teilaspekte der Naturwirklichkeit *präparieren* können. Dies wurde oben bereits deutlich gemacht. Für die Physik (und die anderen Naturwissenschaften) läßt sich das weiter konkretisieren:

- Die Kategorien Raum, Zeit und Materie müssen schon vorausgesetzt werden. So kann Beobachtung und Datenerfassung nur vorgenommen werden, wenn bereits Materie vorhanden ist. Evtl. existierende andere Kategorien (z.B. nichtmaterielle Wirklichkeiten) sind *methodisch* ausgeblendet. Leicht kann es dann allerdings zu einer dogmatischen Ausblendung kommen, also zur Behauptung der Nichtexistenz solcher Wirklichkeiten.
- Der meist sehr hohe Grad an struktureller Angleichung bei physikalischen Modellen (Theorien) mittels des Modellmaterials *Mathematik* bedeutet, daß auch nur Fragen nach strukturellen (und dabei meist auch quantitativen) Zusammenhängen beantwortbar sind: *Wie* und *wie* schnell fällt ein Stein? *Wie* breiten sich Wellen aus? *Wie* fließt elektrischer Strom?
- Die Mathematisierung erzwingt außerdem auch eine *Typisierung, Normierung*. Selbst eine einfache mathematische Operation wie die Addition kann ja nur mit völlig gleichen, d.h. im Modell gleich gemachten Objekten durchgeführt werden.<sup>16</sup> Individuelle Unterschiede können bestenfalls als statistische Abweichungen formuliert werden. Das Individuelle, das Einmalige ist ausgeblendet zugunsten des Gesetzmäßigen.
- Fragen nach dem *Wesen*, nach *Qualitäten*, nach dem *Was* sind nicht beantwortbar und damit ebenfalls ausgeblendet. Was *eigentlich* Schwerkraft (elektrischer Strom, Licht usw.) ist, kann der Physiker nur mit dem Hinweis auf Verknüpfungen mit anderen Größen, also funktional, mit Strukturaussagen, beantworten.

---

<sup>16</sup>Vgl. STAUDINGER [STD85].

Auch die Frage nach dem Wesen der Materie läßt sich im Grunde nicht beantworten. Die modernen Materietheorien geben ja mehr und mehr die Substanzvorstellung auf. Mikroobjekte („Elementarteilchen“) lassen sich zwar mathematisch einheitlich beschreiben, die Abbildung ihrer Dynamik auf ein einziges Modell aus unserer Anschauungswelt (klassische Teilchen, Wellen) gelingt aber nicht mehr. Für die dynamischen Eigenschaften muß man verschiedene sich ergänzende Modelle verwenden, die sich bei gleichzeitiger Anwendung widersprechen würden (komplementäre Modelle).

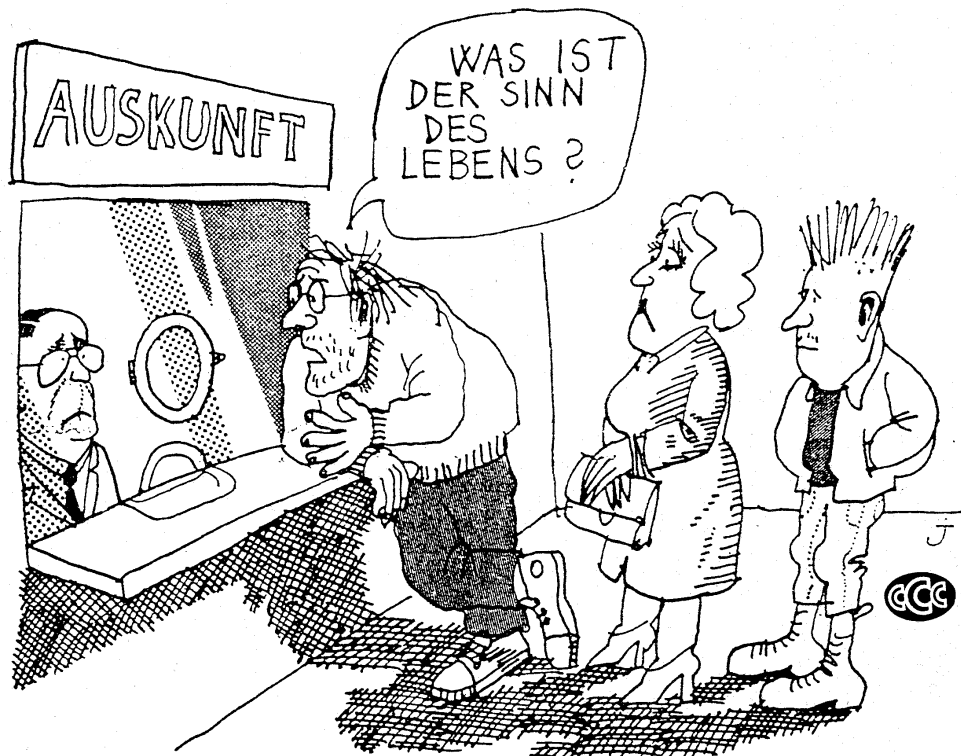


Abbildung 4.5: Überfragt?

- Die Strukturen physikalischer Theorien enthalten auch keine *Wertungen*. Weder ästhetische noch ethische Fragen werden beantwortet. Natürlich kann und soll ein Physiker Beiträge zu ethischen Fragestellungen geben (Darf man, muß man weitere Kernkraftwerke bauen?), indem er etwa Risikostudien durchführt. Sein Beitrag kann aber auch nur wieder den strukturell-quantitativen Aspekt betreffen (*Wie hoch* ist die Strahlenbelastung? u.ä.). Zur Beantwortung ethischer Fragen müssen bekanntlich weitere, außerphysikalische Aspekte und Wertmaßstäbe herangezogen werden. Letzt-

lich wird man aufgrund eines Menschenbildes entscheiden, welche Risiken zumutbar sind und welche nicht.

- Auch Fragen nach Sinn und Ziel von Prozessen in der Natur werden von physikalischen Modellen nicht beantwortet. Die Karikatur (Abb. 4.5)<sup>17</sup> regt zum Nachdenken darüber an, *wer* denn nun Auskunft über den Sinn des Lebens geben könnte. Der Naturwissenschaftler ist aufgrund seiner Methodik dazu nicht in der Lage. Es wäre aber sicher wünschenswert, daß er als Nicht-nur-Fachmann in der Lage ist, eine Antwort zu geben!

---

<sup>17</sup>Quelle: Hotel Mosaik 32, Sommer 1986.

## 5 Naturbild und Weltbild

### 5.1 Die Zuordnung von Naturbild und Weltbild

Die Gesamtheit der Erkenntnisse, welche aus der Methodik der Naturwissenschaften folgen, wird gerne als das (*natur*)*wissenschaftliche Weltbild* bezeichnet (vgl. 3). Wie gezeigt, beschreibt dieses jedoch nur bestimmte Aspekte der Welt. Der Begriff des Weltbildes (oder der Weltanschauung) sollte deshalb für die umfassendere Weltsicht reserviert bleiben. Anstelle des Begriffs des wissenschaftlichen Weltbildes wird von manchen auch die etwas bescheidenere Bezeichnung *Naturbild*<sup>1</sup> vorgezogen. So sagt etwa W. HEISENBERG:

„Wenn von einem Naturbild der exakten Naturwissenschaften gesprochen werden kann, so handelt es sich eigentlich nicht um ein Bild der Natur, sondern um ein Bild unserer Beziehungen zur Natur.“ [HEI55, S. 21]

Diese Bezeichnung soll im folgenden (anstelle des Begriffs *wissenschaftliches Weltbild*) übernommen werden. In einer etwas pauschalen Definition ist das Naturbild der mit (natur)wissenschaftlicher Methodik gewonnene Anteil oder Aspekt eines Weltbildes. Das Naturbild faßt die allgemein akzeptierten naturwissenschaftlichen Modelle zusammen. Wir treffen somit die Unterscheidung und Abgrenzung:

#### Naturbild – Weltbild.

In Anlehnung an den englischen Quantenchemiker COULSON und den Geologen RHODES [RHO69] kann man die Welt mit einem Haus vergleichen. Während ein *Weltbild* das ganze Haus mit allen seinen Seiten und Aspekten im Blick hat, ist das *Naturbild* lediglich ein bestimmter Schnitt durch dieses Haus, z.B. ein Grundriß des ersten Stockwerkes. Der Aspekt, der durch diesen Schnitt ins Blickfeld kommt, ist durch die Methodik der Naturwissenschaften vorgegeben.

*Innerhalb* dieser Ebene, dieses Schnittes, können die wissenschaftlichen Einsichten immer weiter fortschreiten. Mit der Verfeinerung der Methodik werden immer detailliertere Ergebnisse möglich (Größe der Zimmer, Stärke der Wände usw.). Grenzen sind nicht in Sicht und brauchen auch nicht postuliert zu werden. Allerdings kommen andere vorhandene Ebenen oder gar das ganze Haus nicht in den Blick. So findet sich z.B. auch keine Abbildung des Architekten im gewählten Schnitt. Wer allerdings deshalb die Existenz eines Architekten ablehnt, zeigt nur mangelndes Methodenbewußtsein.

Der Schnitt gibt zwar einige Hinweise auf Eigenschaften des ganzen Hauses (man kann z.B. aus den gemessenen Wandstärken Schlüsse ziehen über die mögliche Zahl der Stockwerke), er kann aber dennoch zu ganz verschiedenen Häusern passen. Der Schnitt muß

<sup>1</sup>Vgl. z.B. [HEI55, HUN65, HUN75, ROH90].

zwar verträglich sein mit den anderen Sichten des Hauses, er reicht aber nicht aus zu einer eindeutigen Rekonstruktion des ganzen Hauses.

Ohne Bild gesprochen bedeutet dies, daß aus einem Naturbild nicht zwangsläufig und eindeutig ein bestimmtes Weltbild folgt. Dies wird auch durch die Erfahrung bestätigt, daß Naturwissenschaftler, welche als Zeitgenossen etwa dasselbe Naturbild haben, dennoch ganz unterschiedliche Weltbilder vertreten (vgl. Abschnitt 5.2).

Die Abbildung 5.1 faßt die bisherigen Überlegungen zusammen: Aus der generellen Methodik von Experiment, Beobachtung und Modellentwurf folgen zusammen mit den spezielleren Methoden der einzelnen Disziplinen die Modelle (Theorien), welche zusammen das *Naturbild* ausmachen. Dieses ist lediglich Teil eines Weltbildes, welches zusätzlich von ganz unterschiedlichen außerwissenschaftlichen Elementen geprägt ist. In dem folgenden Text

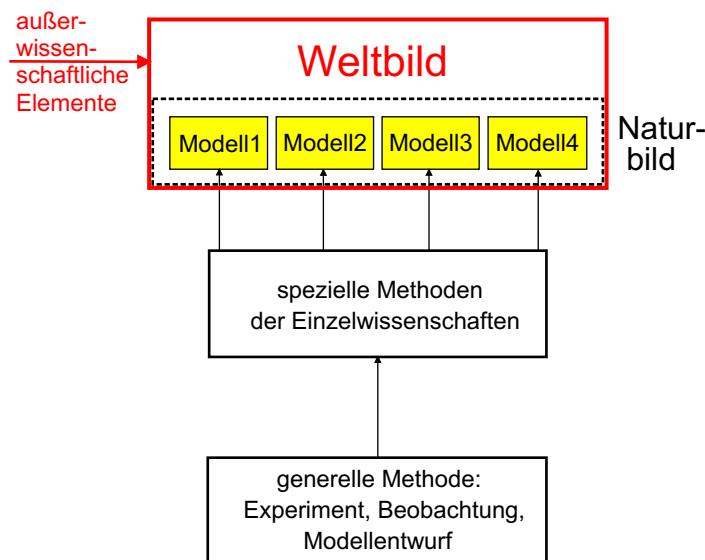


Abbildung 5.1: Naturbild und Weltbild (I)

ist ein modernes Weltbild beispielhaft formuliert. Viele Zeitgenossen würden sich wohl einer solchen oder ähnlichen Sicht anschließen. Der Münchner Elementarteilchenphysiker H. FRITZSCH schreibt im Prolog seines Buches „Vom Urknall zum Zerfall“:

„Am Anfang war das Nichts, weder Zeit noch Raum, weder Sterne noch Planeten, weder Gestein noch Pflanzen, Tiere und Menschen. Alles entstand aus dem Nichts, zuerst ein sehr heißes Plasma aus Quarks, Elektronen und anderen Teilchen, zusammen mit Raum und Zeit. Schnell kühlte dieses Plasma ab; es bildeten sich Protonen, Neutronen, Atomkerne, Atome, Sterne, Galaxien und Planeten. Schließlich entstand das Leben in vielen Sonnensystemen des Alls, darunter auch auf einem Planeten eines ganz gewöhnlichen Sterns in einem der Spiralarme einer Galaxie, die sich zufällig am Rande einer großen Ansammlung von Galaxien befand. Aus einfachsten Organismen entwickelten sich dort

im Laufe von vier Milliarden Jahren Pflanzen und Tiere und schließlich der Mensch.

Ursprünglich glaubte der Mensch, er befinde sich im Mittelpunkt des Alls, und die gesamte Welt sei nur für ihn gemacht. Er erfand Götter, die nach seinen Vorstellungen die Welt beherrschten und dem menschlichen Dasein seinen Sinn gaben. [FRI83, S. 9f.]

Die physikalischen Aspekte dieses Weltbildes entfaltet FRITZSCH anschließend in gediegener populärwissenschaftlicher Weise in seinem Buch.<sup>2</sup>

In diesem Text lassen sich naturbildhafte und das Naturbild überschreitende (typisch weltbildhafte) Aussagen unterscheiden:

„Am Anfang war das Nichts, weder Zeit noch Raum [...] Alles entstand aus dem Nichts [...]“

Wie kommen solche Aussagen zustande? FRITZSCH geht vom Standard-Modell der Kosmologie aus, in dem ein hochdichter, heißer Anfangszustand angenommen wird (Anfangs-Singularität, *Urknall*, *big bang*). Zu dieser Vorstellung gelangt man im Rahmen der EINSTEINSchen Allgemeinen Relativitätstheorie durch zeitliche Rückextrapolation der Galaxienflucht. FRITZSCH führt nun diese physikalische Extrapolation weiter und spricht vom anfänglichen „Nichts“, aus dem angeblich alles entstand.

Genaugenommen ist diese Aussage eine Konsequenz der vorwissenschaftlichen Annahme einer Abgeschlossenheit der Welt: Etwas *außerhalb* der Welt wird als nicht existent angenommen, schöpferische Eingriffe werden als Denkmöglichkeit nicht mit einbezogen. Hier fällt die Entscheidung, aufgrund der schließlich vom „Nichts“ gesprochen wird. Hält man dagegen z.B. eine Schöpfung für denkbar – was ebenfalls eine mögliche vorwissenschaftliche Annahme ist und nicht wissenschaftlich ausgeschlossen werden kann – so wird man sich nicht zum Nichts bekennen, sondern eher zu der Aussage: „Am Anfang war das Wort“<sup>3</sup>.

Ganz offensichtlich ist auch hier die methodische Grenzüberschreitung vom Naturbild zum Weltbild: Über ein Vorher oder ein Außerhalb kann ja von seiten der physikalischen Kosmologie gar keine Aussage gemacht werden, da für alle Prozesse Raum und Zeit ja immer schon vorausgesetzt werden müssen. Und das „Nichts“ ist kein naturwissenschaftlicher Begriff. Falls hier doch an etwas Physikalisches, das Vakuum, gedacht ist, sollte das klar vom Nichts unterschieden werden.<sup>4</sup>

FRITZSCH schreibt in seinem Prolog dann über den Menschen:

<sup>2</sup>Auch bei MONOD finden sich ganz ähnliche Aussagen [MON71].

<sup>3</sup>Johannesevangelium 1, 1.

<sup>4</sup>Das Vakuum ist nicht einfach „nichts“. Es wird in zunehmendem Maße als kompliziert und strukturiert erkannt. In ihm sind Felder, die fluktuieren. Mikroobjekte („Teilchen“) entstehen und vergehen spontan im Rahmen der quantenmechanischen Energie-Zeit-Unschärferelation. Der Sprachgebrauch ist allerdings oft recht salopp. So lautet ein neuerer Buchtitel: „Die Struktur des Vakuums. Ein Dialog über das ‘Nichts’.“ [RAF85]



„Er erfand Götter, die nach seinen Vorstellungen die Welt beherrschten und dem menschlichen Dasein seinen Sinn gaben . . . . Er versteht, daß er in Zukunft ohne Götter leben muß und daß er für sein Schicksal selbst verantwortlich ist.“

Ähnlich formuliert er am Ende seines Buches:

„Um die Frage nach dem Sinn seines Daseins zu beantworten, wurde die Idee Gottes geschaffen.“ [FRI83, S. 327]

Und er beschließt sein Buch fast beschwörend:

„Das Universum ist mehr als eine Ansammlung von Elektronen, Quarks und Galaxien, mehr als Raum und Zeit. Auch jene vielgestaltige, ineinander verwobene Welt der Erde, die uns geschaffen hat, gehört dazu. Nicht nur uns gegenüber haben wir die Pflicht, diese Welt zu erhalten. Das Universum selbst verpflichtet uns dazu.“

Man erkennt einerseits die quasi wissenschaftliche Vorgehensweise: Ein Problem, die Sinnfrage des Menschen, wird durch eine Hypothese, durch den Entwurf eines Modells („Er erfand Götter“) angegangen. Experimente sind dazu allerdings schlecht vorstellbar.

Und zugleich wird wieder eine vorwissenschaftliche Entscheidung deutlich: Götter gibt es nicht. Sie existieren allenfalls als Ideen, als Begriffe der autonomen Vernunft, als Projektionen des Menschen zum Zweck der Sinnfindung. Bemerkenswert ist, daß sich sogleich Ersatzgötter einstellen: die personalisierte Erde, „die uns geschaffen hat“; das Universum, das uns „verpflichtet“. In entsprechender Weise erhielt im materialistischen Weltbild des 19. Jahrhunderts die Materie die göttlichen Attribute *ewig* und *unveränderlich*.<sup>5</sup>

FRITZSCH weiß, daß fundamentale Warum- und Sinn-Fragen wissenschaftlich nicht zu beantworten sind. Dennoch argumentiert er hier anscheinend im Rahmen der wissenschaftlichen Methodik. Am Ende fällt dann allerdings „die Pflicht, diese Welt zu erhalten“ sozusagen vom Himmel. In einem materialistischen Weltbild ist es offensichtlich schwierig, ethische Kategorien plausibel zu machen. MONOD scheint hier konsequenter zu sein, wenn er vom Menschen schreibt:

„Nicht nur sein Los, auch seine Pflicht steht nirgendwo geschrieben.“ [MON71, S. 219]

An dem vorgestellten Text lassen sich einige wesentliche Merkmale typisch weltbildhafter Aussagen erkennen:

1. Es wird die wissenschaftlich legitimierte und erfolgreiche Methode der Modellbildung angewendet. Es sind vor allem die wissenschaftlich immer wieder erfolgreichen Schlußweisen der Analogie und der Extrapolation, welche den Weltbild-Aussagen ihre Stoß- und Überzeugungskraft verleihen. Es ist befriedigend und suggestiv, wenn auf diese Weise Lücken geschlossen werden und über Grenzen hinaus ein Gesamtbild entworfen werden kann.

---

<sup>5</sup>vgl. dazu [ROH90].

2. Bei der Formulierung von Weltbildern wird die naturwissenschaftliche Methodik des Experiments und der Modellbildung häufig (notgedrungen) verlassen: Es werden ethische Fragen und Sinnfragen beantwortet und nicht lediglich Funktionsfragen mit der Methodik der Naturwissenschaften.
3. Typisch weltbildhafte Aussagen beruhen häufig auf persönlichen Vorentscheidungen und Meinungen. Oft spiegeln sie den Zeitgeist wieder – das, was man üblicherweise glaubt und für wahr hält unter den Zeitgenossen.
4. Wissenschaftlich fruchtbare und erfolgreiche Theorien werden häufig zu Leitbildern, Paradigmen für Weltbilder. So wurde die NEWTONSche Mechanik Leitbild des mechanistischen und schließlich materialistischen Weltbildes.

Mit der Evolutionstheorie der Biologie entstand auch ein weltanschaulicher *Evolutionismus*. Dieser prägte und prägt nun seinerseits als Paradigma die Einzelwissenschaften von der Kosmologie und Astrophysik [FRI83] bis hin zu den Sozialwissenschaften und zur Philosophie („evolutionäre Erkenntnistheorie“).

Solche Wechselwirkungen sollten aufmerksam beachtet werden. Man muß sich des vorwissenschaftlichen Charakters von Paradigmen und ihrer Zeitbezogenheit bewußt sein. Nur so kann man sich gegen problematische Verabsolutierungen und Reduzierungen verwahren und offen bleiben für Alternativen.

## 5.2 Die Mehrdeutigkeit des Naturbildes

Die kritischen Anmerkungen zu dem Prolog von FRITZSCH sollen keinesfalls nahelegen, daß dieser nicht das Recht habe, ein Weltbild zu formulieren. Jeder Mensch hat und braucht ein Weltbild (vgl. Abschnitt 2). Problematisch ist allerdings die nicht immer leicht durchschaubare Mischung von naturbildhaften und das Naturbild überschreitenden, also typisch weltbildhaften Aussagen. Wissenschaftlich gesicherte und nachprüfbar Aussagen stehen unvermittelt neben spekulativ-bekennnishaften Sätzen. Wer die erfahrungswissenschaftlichen Theorien und ihre Methodik nicht genau durchschaut, kann den Anteil des Naturbildes an seinem Prolog nicht klar ausmachen.

Die naturwissenschaftlichen Aussagen von FRITZSCH können in hohem Maße Verbindlichkeit beanspruchen. Dies gilt aber nicht für seine typisch weltbildhaften Aussagen. Ein Naturbild läßt sich unterschiedlich deuten und interpretieren, es bleibt in seiner Aspekthaftigkeit *mehrdeutig*. Dabei spielen vorwissenschaftliche Entscheidungen eine wesentliche Rolle.

Im Bild des Hauses (vgl. Abschnitt 5.1) ausgedrückt: Der naturwissenschaftliche *Schnitt* durch das Haus ist mit verschiedenen Häusern verträglich. Es besteht Freiheit – und damit auch Verantwortlichkeit – in welche Weltsicht das Naturbild eingebettet wird. Die Naturwissenschaften können diese Entscheidung niemandem abnehmen. Eine unkommentierte Vermischung von natur- und typisch weltbildhaften Aussagen vernebelt den Blick und gefährdet diese Freiheit der Wahl.

Geradezu exemplarisch stellt der englische Biochemiker SHELDRAKE – anders als FRITZSCH – die unterschiedlichen weltanschaulichen (weltbildhaften) Interpretationsmöglichkeiten der eigenen Naturbild-Aussagen heraus: Er formuliert zum einen eine naturwissenschaftliche Hypothese über Gestaltbildung in der Natur.<sup>6</sup> Zum anderen gibt er gleich vier mögliche weltanschauliche Einbettungen seiner Theorie an und diskutiert sie:

- „Modifizierter Materialismus“
- „Das bewußte Selbst“
- „Das kreative Universum“
- „Transzendente Wirklichkeit“.

Diese vier (und vielleicht weitere) Weltbild-Deutungen sind sämtlich mit seiner wissenschaftlichen Hypothese verträglich. Keine von ihnen folgt zwangsläufig aus wissenschaftlichen Argumenten, keine ist aus naturwissenschaftlichen Gründen der anderen vorzuziehen.

Auch an den Begriffen Zufall und Notwendigkeit, Chaos und Ordnung, welche ja heute eine gewisse Schlüsselstellung in der naturwissenschaftlichen Diskussion einnehmen, lassen sich die Beziehungen zwischen Naturwissenschaft und Weltbild und die Mehrdeutigkeit des Naturbildes demonstrieren. FORD schreibt in seinem Lehrbuch über Elementarteilchen:

„Kurz gesagt besteht die neue Betrachtungsweise in der Vorstellung eines Chaos, das unter einer Ordnung abläuft. Man kann auch sagen, daß eine Ordnung über einem tieferliegenden und fundamentalen Chaos herrscht. Dies steht in schärfstem Gegensatz zu der Ansicht, die in drei Jahrhunderten von KEPLER bis EINSTEIN entwickelt und gefestigt wurde.“ [FOR66, S. 203]

Ähnlich drückt sich der Naturphilosoph und Naturwissenschaftler B. BAVINK aus:

„Die Welt erscheint uns heute als ein Gewebe von Notwendigkeit und Zufall, bei dem die erstere aber nur sozusagen die Außenseite vorstellt, die sich dem groben Sinn des Menschen zunächst präsentiert. Im Inneren ist die Welt etwas ganz anderes als eine große Maschine [...]“ [BAV47]

Es geht hier um die wissenschaftliche Erfahrung, daß im Bereich der Mikroobjekte (Elementarteilchen) sich ein chaotisches, zufälliges Geschehen abspielt. Damit ist ganz ohne Wertung gemeint, daß sich die Dynamik von Mikroobjekten nicht deterministisch, sondern mit Wahrscheinlichkeitsverteilungen beschreiben läßt. Die Indeterminiertheit künftigen Geschehens ist dabei – nach der Meinung der Mehrheit der Naturwissenschaftler – nicht etwa Ausdruck der subjektiven Unkenntnis des Wissenschaftlers (es ist *noch nicht* bekannt ...), sondern objektive Naturbeschreibung: In bestimmten experimentellen Situationen sind einzelne Eigenschaften von Mikroobjekten *objektiv unbestimmt*.

Der „wilde“ Strom indeterminierter Ereignisse wird dabei allerdings durch eine Anzahl von Erhaltungssätzen (zeitliche Konstanz von Energie, Impuls, Ladung usw.) „gebändigt“. Bei

<sup>6</sup>Er postuliert ein sog. *morphogenetisches Feld* und gibt experimentelle Testmöglichkeiten an. Diese sehr problematische Hypothese braucht hier nicht diskutiert zu werden [SHE87].

vielen Naturvorgängen ist zudem eine sehr große Zahl von Teilchen beteiligt, sodaß nach dem *Gesetz der großen Zahlen* dadurch ein quasideterminiertes gesetzesartiges Verhalten zustande kommt.<sup>7</sup>

Es ist auch hier wieder aufschlußreich, wie unterschiedlich diese naturwissenschaftlichen Ergebnisse weltanschaulich gedeutet und wertend interpretiert werden. Zunächst betrachten wir einige Aussagen von MONOD. Er schreibt zur Evolutionsbiologie:

„So mancher ausgezeichnete Geist scheint auch heute noch nicht akzeptieren oder auch nur begreifen zu können, daß allein die Selektion aus störenden Geräuschen das ganze Konzert der belebten Natur hervorgebracht haben könnte. Die Selektion arbeitet nämlich an den Produkten des Zufalls, da sie sich aus keiner anderen Quelle speisen kann. Ihr Wirkungsfeld ist ein Bereich strenger Erfordernisse, aus dem jeder Zufall verbannt ist.“ [MON71, S. 149]

MONOD ist sich der schwindelerregenden Konsequenzen des Zufalls-Denkens durchaus bewußt und formuliert seine eigenen Zweifel:

„Bei dem Gedanken an den gewaltigen Weg, den die Evolution seit vielleicht drei Milliarden Jahren zurückgelegt hat, an die ungeheure Vielfalt der Strukturen, die durch sie geschaffen wurden, und an die wunderbare Leistungsfähigkeit von Lebewesen - angefangen vom Bakterium bis zum Menschen - können einem leicht wieder Zweifel kommen, ob das alles Ergebnis einer riesigen Lotterie sein kann, bei der eine blinde Selektion nur wenige Gewinner ausersehen hat.“ [MON71, S. 171]

Man achte auf die Wertung des Zufalls im Begriff „blinde Selektion“! Und MONOD hält an dem Lotteriedanken fest:

„Das Universum trug weder das Leben, noch trug die Biosphäre den Menschen in sich. Unsere ‘Losnummer’ kam beim Glücksspiel heraus. Ist es da verwunderlich, daß wir unser Dasein als sonderbar empfinden – wie jemand, der im Glücksspiel eine Milliarde gewonnen hat?“ [MON71, S. 179]

Schließlich faßt er zusammen:

„... der Mensch weiß endlich, daß er in der teilnahmslosen Unermeßlichkeit des Universums allein ist, aus dem er zufällig hervortrat. Nicht nur sein Los, auch seine Pflicht steht nirgendwo geschrieben.“<sup>8</sup>

MONOD hält hier geradezu heroisch an seinem sog. Objektivitätspostulat fest, „daß die Natur *objektiv*, gegeben ist und nicht *projektiv*, geplant.“ Alle natürlichen Objekte gehen aus dem „freien Spiel der Naturkräfte“ hervor. [MON71, S. 11f.]

---

<sup>7</sup>Einzelheiten finden sich z.B. bei [HAE91, HAE91a].

<sup>8</sup>Siehe [MON71, S. 219]; vgl. auch Abschnitt 5.1.

Wenn keine Planung, keine Zielrichtung Platz im Gebäude der Wissenschaft haben darf, wenn die Welt prinzipiell abgeschlossen ist gegen äußere Einflüsse, dann ist es nur konsequent, alles Leben bis hin zum Menschen im Schema von Zufall und Notwendigkeit zu interpretieren. Wer MONOD kritisieren will, muß ihn an seinen Voraussetzungen kritisieren, an seinem Objektivitätspostulat. MONODs Aussagen sind reduktionistisch. Der Mensch wird in den derzeitigen Stand naturwissenschaftlicher Erkenntnis und Methodik gezwängt. Seine Herkunft wird auf *nichts als* Zufall und Notwendigkeit reduziert.

Die MONODsche Deutung des Zufalls ist aber keineswegs die einzig mögliche. Der zum Naturbild gehörige Befund des Zufälligen (Wahrscheinlichkeitsverteilungen) läßt auch andere Weltbild-Interpretationen zu. B. BAVINK, der etwa vom gleichen naturwissenschaftlichen Kenntnisstand (Naturbild) wie MONOD ausgeht, schreibt über den Zufall in der Physik:

„Physik treiben heißt im Grunde nichts anderes als: Gott seine elementaren Wirkungsakte nachzählen. Nachzählen – wohlgemerkt! Er setzt sie, jeden einzelnen, wir können nichts dazu tun und keinen einzigen einzelnen voraussehen. Wir können nur hinterher feststellen, was ‘durchschnittlich’ dabei sich als Gesamtergebnis ergibt, und dann mit mehr oder minder großer Wahrscheinlichkeit dieses Resultat auch anderswo wieder zu finden erwarten. Es existiert im buchstäblichsten Sinne nicht ein einziges Wirkungsquant in der Welt, ohne daß es ganz direkt und unmittelbar aus Gott hervorgehe. Kein Naturgesetz, auch kein statistisches erzwingt sein Dasein [...]“ [BAV47]

Auch hier haben wir eine typische Weltbild-Aussage. Sie knüpft an wissenschaftliche Aussagen an und geht ebenfalls wertend und deutend darüber hinaus. Der entscheidende Unterschied zu MONOD liegt wieder in den außerwissenschaftlichen Vorentscheidungen: Für BAVINK ist die Welt offen, und zwar offen für das Wirken Gottes. Er formuliert als Bekenntnis, daß das Entstehen und Vergehen jedes einzelnen Quants auf Gott zurückgeführt werden könne.

Die Direktheit einer solchen Aussage mag befremden. BAVINK bringt hier aber im Grunde nur das typisch biblisch-christliche Denken in der Sprache der modernen Naturwissenschaft zum Ausdruck. Der Theologe K. HEIM, der sich intensiv in das Gespräch mit den Naturwissenschaften begeben hat, formulierte ähnlich (in Anlehnung an Matth. 10,29):

„Es geschieht kein Quantensprung in der Welt ohne den Vater im Himmel.“ [HEIM75]

Diese Aussagen sollen hier inhaltlich nicht weiter diskutiert werden. Es sollte nur demonstriert werden, wie verschiedenartig bestimmte Naturbildaussagen im Kontext eines Weltbildes gedeutet werden.<sup>9</sup>

Die in diesem Abschnitt diskutierten nicht-eindeutigen Zusammenhänge zwischen Naturbild und Weltbild bezeichnet der Tübinger Biophysiker A. GIERER als die „metatheoretische Mehrdeutigkeit der Welt“:

---

<sup>9</sup>Beim Umgang mit dem schwierigen Zufallsbegriff ist besondere Sorgfalt nötig; vgl. dazu [MUT97].

„Weil unterschiedliche Auffassungen mit dem inhaltlich gleichen objektiven Wissen über die Wirklichkeit verträglich sind, kann die Wissenschaft zwischen ihnen grundsätzlich nicht eindeutig entscheiden. Kurz gesagt, die Wissenschaft vermag die metatheoretische Mehrdeutigkeit der Welt nicht aufzuheben.“ [...]

„Aus der ‘metatheoretischen Mehrdeutigkeit der Welt’ folgt, daß es keine Interpretation der ‘Welt als Ganzes’ gibt, die den Anspruch auf alleinige wissenschaftliche Gültigkeit erheben könnte.“ [GIE86, S. 268ff.]

In einem Interview hat GIERER das noch konkreter formuliert:

„Man kann eben die Welt – auch in Übereinstimmung mit wissenschaftlicher Erkenntnis und logischem Denken – zum Beispiel atheistisch oder im Glauben an Gott interpretieren,

das Bewußtsein als Urgegebenheit oder als Eigenschaft des Nervensystems ansehen,

dem Geist oder der Materie die Priorität für das Verständnis der Welt zuschreiben,

mathematische Zusammenhänge als vorgegebene Fakten oder als Produkte menschlichen Denkens ansehen,

dem einzelnen Leben und der Geschichte den einen, anderen oder gar keinen Sinn unterlegen,

den Menschen als Ziel oder Zufallsprodukt der Evolution ansehen [...]

Da gibt es ein weites Spektrum von Möglichkeiten für die Interpretation des Menschen und der Welt [...]

In jedem Fall aber ist die Wissenschaft, die ihre eigenen Voraussetzungen reflektiert, mit verschiedenen Interpretationen des Menschen und der Welt und daher auch mit verschiedenen Religionen, Kulturen und Lebensformen vereinbar.“<sup>10</sup>

### 5.3 Vorurteile und Themata bei Naturbildern

In diesem abschließenden Abschnitt soll der Begriff des *Naturbildes* nochmals aufgegriffen, problematisiert und vertieft diskutiert werden.

Die begriffliche Unterscheidung von Naturbild und Weltbild ist nützlich und trägt zur Klärung bei, was aufgrund der Methoden der Naturwissenschaften gesagt werden kann und was nicht. Man muß sich allerdings bewußt sein, daß der Begriff des Naturbildes nicht völlig scharf zu definieren ist und seine Abgrenzung gegen den Weltbildbegriff bei näherem Hinsehen an Deutlichkeit verliert. Folgende Punkte sind zu bedenken [HEL89]:

- Es ist in den Bereichen aktueller Forschung meist völlig im Fluß, welche Modelle und Theorien schon – oder noch – zum heutigen Naturbild gehören. So kann man sich fragen, ob die neueste Version einer Elementarteilchentheorie oder eine ältere Variante eines kosmologischen Modells Teil des Naturbildes sind oder nicht.

<sup>10</sup>Zitiert nach [HEM87, S. 123f.]; siehe auch [GIE86].

- Tatsächlich hat niemand – auch kein Wissenschaftler – einen vollständigen Überblick auch nur über alle *akzeptierten* Modelle (Modelle hoher Dignität). Jeder kennt nur mehr oder weniger große Bruchstücke dessen, was ein Naturbild ausmacht.

Man könnte sich auf die *wesentlichen* wissenschaftlichen Modelle beschränken und einigen. Dies geschieht immer wieder in der Wissenschaftlergemeinschaft (scientific community). Diese Gruppe ist aber selbst nicht scharf definiert. Und die Auswahl der Modelle (Wertungen!) müßte z.T. aufgrund außerwissenschaftlicher Kriterien geschehen. Denn was *wesentlich* ist, wird durch die wissenschaftliche Methodik allein nicht klar festgelegt.

- Für das Naturbild gilt wie für jedes seiner Teilmodelle, daß es selber auf vor- und außerwissenschaftlichen Prinzipien ruht und damit nicht einfach *rein wissenschaftlich* ist. Soweit es sich dabei um methodologische Probleme handelt, läßt sich oft Einigkeit unter den Wissenschaftlern herstellen. Es gibt aber auch durchaus kontroverse „metaphysische Hintergrundüberzeugungen“ (W. KUHN [KUH90]), welche ein Naturbild mitprägen.

Dieser letzte Punkt soll im folgenden noch etwas genauer dargestellt werden. Hier wird behauptet, daß auch die Modelle, welche das Naturbild ausmachen, nicht einfach voraussetzungslos *wissenschaftlich* sind, sondern – wie ein Weltbild – durch vor- und außerwissenschaftliche Komponenten bestimmt sind. Die kritische Betrachtung des Begriffs Naturbild führt damit letztlich auf einen eigenartigen Zirkel: Das Naturbild ist Teil eines Weltbildes und prägt dieses mit; andererseits beruht es selbst auf Weltbild-Voraussetzungen. Dieser Zusammenhang ist in einer Erweiterung der Abb. 5.1 dargestellt (siehe Abb. 5.2).

EINSTEIN, der sich auch viel über methodische Fragen der Forschung ausgelassen hat, schrieb 1919 in einem Aufsatz über „Induktion und Deduktion in der Physik“:

„Wenn nämlich der Forscher ohne irgendwelche vorgefaßte Meinung an die Dinge heranginge, wie sollte er aus der ungeheuren Fülle kompliziertester Erfahrung überhaupt Tatsachen herausgreifen können, die einfach genug sind, um gesetzmäßige Zusammenhänge offenbar werden zu lassen?“<sup>11</sup>

Der Wissenschaftstheoretiker G. HOLTON spricht in diesem Zusammenhang von „Themata“<sup>12</sup> und meint damit Leitlinien, Leitideen, Leitmotive der Forschung, welche den Gang der Forschung und die Entstehung von Theorien wesentlich mitbestimmen. Themata sind

„Grundsätzliche Annahmen, Begriffe, methodische Urteile und Entscheidungen, die selbst nicht aus objektiv beobachteten Tatbeständen oder logisch mathematischen oder anderen Überlegungen ableitbar sind.“ [HOL84, S. 19]

Verwandte Begriffe sind „Regulative Leitideen zur Koordination des forschenden Verstandes“ (I. KANT); „Ideale der Naturordnung“ (TOULMIN); „Hintergrundüberzeugungen“

---

<sup>11</sup>Zit. nach [HOL84, S. 149].

<sup>12</sup>Plural von „Thema“

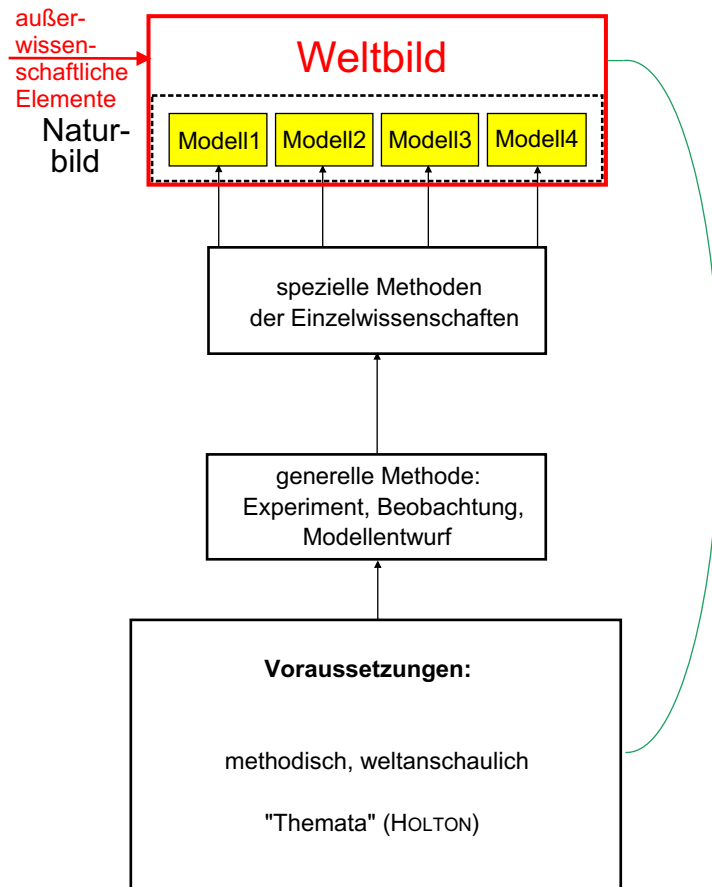


Abbildung 5.2: Naturbild und Weltbild (II)

historischer, psychologischer, religiöser oder metaphysischer Art (W. KUHN). Auch der Begriff *Paradigma* (T. KUHN) wird manchmal im Sinne einer Leitidee gebraucht.

Neben der empirisch-analytischen Dimension, die bisher mit den Begriffen Experiment und Modellbildung diskutiert wurde, muß nach HOLTON auch die „thematische“ Dimension betrachtet werden für ein tieferes Verständnis des Prozesses wissenschaftlicher Theoriebildung. In einem anderen Sprachgebrauch unterscheidet man hier gerne auch den *Be gründungszusammenhang* (*context of justification, Geltung*) vom *Entdeckungszusammenhang* (*context of discovery, Genese*).

In den Naturwissenschaften lassen sich eine Fülle von Themata aufweisen. Sie lösten sich z.T. nacheinander ab; andere blieben oder bleiben nebeneinander bestehen. Hier einige Beispiele (zusammen mit charakteristischen Namen):

- Alle Himmelskörper beschreiben Kreisbahnen (PLATON bis KOPERNIKUS, TYCHO BRAHE).



- Die Natur ist eine Maschine, ein Uhrwerk (seit KEPLER).
- Die Idee der Einheit der Natur (Suche nach der Vereinheitlichung der fundamentalen Wechselwirkungen; EINSTEIN, HEISENBERG)
- Die Idee der Erhaltungsgrößen (DESCARTES)
- Die Ideen der diskreten und der kontinuierlichen Struktur der Materie (DEMOKRIT, NEWTON – HUYGENS, HEISENBERG)
- Determinismus und Indeterminismus (LAPLACE und BORN)
- Komplementarität (BOHR)
- Einfachheit und Sparsamkeit der Mittel (OCCAM, EINSTEIN)
- Die Leitidee der Symmetrie (etwa seit EINSTEIN)
- Evolution, Fortschrittsgedanke (DARWIN)
- Kosmologische Prinzipien (großräumige Homogenität und Isotropie des Kosmos; überall gleiche Naturgesetze; EINSTEIN)
- Selbstorganisation (EIGEN u.a.)
- methodischer Atheismus (Gott nicht als Erklärungsfaktor in der Wissenschaft; DESCARTES, GROTHIUS, NEWTON)

Als besonders instruktives Beispiel sei die Leitidee der *Kreisbahnen* gewählt. Sie geht auf PLATON zurück. Der Astronom C. PTOLEMÄUS (ca. 100–170 n.Chr.) formuliert dieses „Thema“ sehr klar:

„Wenn wir uns die Aufgabe gestellt haben, auch für die fünf Wandelsterne [...] den Nachweis zu führen, daß ihre scheinbaren Anomalien alle vermöge gleichförmiger Bewegungen auf Kreisen zum Ausdruck gelangen, weil nur diese Bewegungen der Natur der göttlichen Wesen entsprechen, während Regellosigkeit und Ungleichförmigkeit ihnen fremd sind, so darf man wohl das glückliche Vollbringen eines solchen Vorhabens als [...] Endziel der auf philosophischer Grundlage beruhenden mathematischen Wissenschaft“ bezeichnen.<sup>13</sup>

Bekanntlich gelang es, die verwickelten Bahnen der Planeten durch Einführung von zusätzlichen Kreisen (Epizykeln) recht genau zu beschreiben.<sup>14</sup>

Das Thema der Kreisbahnen ist eine Art Symmetrieprinzip mit philosophisch-religiöser Begründung. Es leitete die astronomische Forschung über Jahrhunderte. Auch KOPERNIKUS arbeitete noch mit Epizykeln. Erst KEPLER löste sich mit Mühe von dieser Idee und

---

<sup>13</sup>Zit. nach [FUE97].

<sup>14</sup>Die Theorie der Epizykeln kann man als eine Art geometrischer FOURIER-Entwicklung ansehen [KUH77].

beschrieb die Planetenbewegungen heliozentrisch als Ellipsen. In der modernen Kosmologie haben wir durchaus vergleichbare Prinzipien, indem wir die großräumige Homogenität und Isotropie des Raumes annehmen und die universelle Gültigkeit der Naturgesetze.

Als weiteres „Thema“ sei der *methodische Atheismus* genannt.<sup>15</sup> Es handelt sich hier um ein methodisches Minimalkonzept, das die ganzen Naturwissenschaften durchzieht. Metaphysische Fragen nach dem Ganzen, dem Woher und Wohin und dem Sinn werden seit DESCARTES, GROTHIUS und NEWTON bewußt ausgeklammert (vgl. Abschnitt 4.3).

Insbesondere wird auch die Gottesfrage *zurückgestellt*. Gott soll in der Methodik der Naturwissenschaften nicht vorkommen. Ein *deus ex machina* zur Überbrückung von Verständnislücken ist nicht zulässig.

Das Konzept des methodischen Atheismus sollte zu einer von Meinungen, Dogmen und weltanschaulichen Positionen unabhängigen, unverstellten Wahrnehmung und Forschung führen. In der Tat führte das zu einer erfolgreichen Entwicklung der Forschung – allerdings um den Preis der Einschränkung auf funktionale Aussagen: Wir können die Welt immer besser beschreiben, aber – in einem tieferen Sinne – nicht erklären.<sup>16</sup>

Die Naturwissenschaftler haben allerdings diese weltanschaulich neutrale Position keineswegs immer durchgehalten. Aus dem methodischen Atheismus schien sich ein *dogmatischer* Atheismus naheliegend zu ergeben. Aber auch hier gilt die Mehrdeutigkeit des Naturbildes: Es läßt sich in theistische wie atheistische Weltansichten einbetten. Es wäre zu prüfen, wie überzeugend das jeweils gelingt.

Die Fülle der verschiedenen Themata läßt ahnen, wie sehr auch unser Naturbild von außerwissenschaftlichen Ideen geprägt ist. Das Studium der Leitideen gibt eine vertiefte Einsicht in das menschliche Unternehmen *Naturwissenschaft* und bewahrt zugleich vor einem überzogenen Objektivitätsanspruch der Naturwissenschaften. Auch die exakteste Wissenschaft ist mit ihren Voraussetzungen und Konsequenzen eingebettet in wissenschaftsübergreifende Ideen, Wünsche und Ziele.

---

<sup>15</sup>Vgl. dazu [HEM97, S. 292f.].

<sup>16</sup>Vgl. Abschnitt 4.3.

## Literaturverzeichnis

- [BAV47] BAVINK, B.: Die Naturwissenschaft auf dem Weg zur Religion. Oberursel/Tns.: 1947. 29, 30
- [BOE88] BÖRNER, G.: The Early Universe. Facts and Fiction. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo: Springer Verlag 1988. 1
- [CAP85] CAPRA, F.: Das Tao der Physik. Die Konvergenz von westlicher Wissenschaft und östlicher Philosophie. 7. Aufl. Bern, München, Wien: Scherz Verlag 1985. 5
- [CHA99] CHALMERS, A. F.: Wege der Wissenschaft. Einführung in die Wissenschaftstheorie. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer Verlag 1999. 15
- [DUE88] DÜRR, H.-P.: Das Netz des Physikers. Naturwissenschaftliche Erkenntnis in der Verantwortung. München, Wien: Hanser-Verlag 1988. 14
- [FER72] FERRÉ, F.: Die Verwendung von Modellen in Wissenschaft und Theologie. In: Sprachanalyse und religiöses Sprechen. Hrsg.: D. M. HIGH. Düsseldorf: Patmos-Verlag 1972. 15
- [FOR66] FORD, K.W.: Die Welt der Elementarteilchen. Heidelberg: Springer Verlag 1966. 29
- [FRE60] FREY, G.: Symbolische und ikonische Modelle, Synthese 12 (1960) 4, S. 213. 11, 4.3
- [FRE67] FREY, G.: Die Mathematisierung unserer Welt. Stuttgart: Kohlhammer 1967. 13
- [FRI83] FRITZSCH, H.: Vom Urknall zum Zerfall. Die Welt zwischen Anfang und Ende. 2. überarb. Aufl. München: Piper 1983. 6, 24, 27, 4
- [FUE97] FÜRST, D. et al.: Astronomie. Berlin: PAETEC Ges. für Bildung und Technik mbH. 1997. 13
- [GIE86] GIERER, A.: Die Physik, das Leben und die Seele. 3. Aufl. München, Zürich: Piper 1986. 32, 10
- [HAE91] HÄGELE, P. C.: Würfelt Gott? Naturgesetze, Zufall und Gottes Handeln. Marburg: Studentenmission in Deutschland 1991 (= Miniporta 5). 7
- [HAE91a] HÄGELE, P. C.: Naturgesetze, Zufall und Gottes Handeln. In: Glaube und Denken. Jahrbuch der Karl-Heim-Gesellschaft 4. Jahrg. 1991. Hrsg.: H. SCHWARZ. Moers: Brendow. 7

- [HAE97] HÄGELE, P. C.: „Ich mache mir ein Modell“ – Die Tragweite des Modellbegriffs in der Physik. In: Glaube und Denken. Jahrbuch der Karl-Heim-Gesellschaft. 10. Jahrg. 1997. Hrsg.: H. SCHWARZ. Frankfurt/M., Berlin, Bern, New York, Paris, Wien: Peter Lang. 10
- [HEI50] HEIDEGGER, M.: Die Zeit des Weltbildes. In: Holzwege. Frankfurt a.M.: 1950. 4
- [HEI55] HEISENBERG, W.: Das Naturbild der heutigen Physik. Hamburg: Rowohlt 1955. 24, 1
- [HEI75] HEISENBERG, W.: Der Teil und das Ganze. Gespräche im Umkreis der Atomphysik. 2. Aufl. München: dtv 1975. 15
- [HEIM75] HEIM, K.: Die Wandlung im naturwissenschaftlichen Weltbild. Die moderne Naturwissenschaft vor der Gottesfrage. 4. durchgesehene Aufl. Hamburg: Ausaat 1975. 30
- [HEL89] HELLER, B.: Naturwissenschaft und die Frage nach der Religion. EZW-Texte, Impulse Nr. 28 (II/1989). Evang. Zentralstelle für Weltanschauungsfragen, Stuttgart. 2, 4, 5.3
- [HEM87] HEMMINGER, H. (Hrsg.): Die Rückkehr der Zauberer. New Age. Eine Kritik. Reinbek b. Hamburg: Rowohlt 1987. 10
- [HEM91] HEMMINGER, H. UND HEMMINGER, W.: Jenseits der Weltbilder. Stuttgart: Quell Verlag 1991. 2, 3
- [HEM97] HEMPELMANN, H.: Erkenntnis aus Glauben. KZG 10(2) (1997). 15
- [HER63] HERTZ, H.: Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt. Unveränderter fotomechanischer Nachdruck der Ausgabe Leipzig 1894 (= Gesammelte Werke Band III). Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft 1963. 8
- [HES53] HESSE, M. B.: Models in physics. Brit J. Philos. Sci. 4 (1953/4), S. 198–214. 16
- [HOL84] HOLTON, G.: Themata. Zur Ideengeschichte der Physik. Braunschweig: Vieweg 1984. 35, 11
- [HUN65] HUND, F.: Denkschemata und Modelle in der Physik. Studium generale 18 (1965). S. 174. 16, 10, 1
- [HUN75] HUND, F.: Das Naturbild der Physik. Ausgewählte Schriften. Hrsg.: J. HAJDU und G. LÜDERS. Jülich: Druckerei der Kernforschungsanlage 1975. S. 51. 1
- [JAM65] JAMMER, M.: Die Entwicklung des Modellbegriffs in den physikalischen Wissenschaften. Studium Generale 18 (1965) 3, S. 166. 15

- [KLA69] KLAUS, G. (Hrsg.): Wörterbuch der Kybernetik. Bd. 2. Stichwort „Modell“. Frankfurt, Hamburg: Fischer Bücherei 1969. 8
- [KUH77] KUHN, W.: Modelle in der Physik. In: Denken in Modellen. Hrsg.: G. SCHÄFER, G. TROMMER, K. WENK. Braunschweig: Westermann-Verlag 1977. 10, 14
- [KUH90] KUHN, W.: Ziel und Struktur physikalischer Theorien. Praxis der Naturwissenschaften – Physik 2/39 (1990), S. 2–9. 5.3
- [LOP97] LOPES COELHO, R.: Der Begriff des Bildes bei Hertz. Logos (Neue Folge), Bd. 3, Heft 4 (Febr. 1997). 8
- [LUD78] LUDWIG, G.: Die Grundstrukturen einer physikalischen Theorie. Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1978. 13
- [LUD79] LUDWIG, G.: Wie kann man durch Physik etwas von der Wirklichkeit erkennen? Akademie der Wissenschaften und der Literatur, Mainz. Abhandlungen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse, Jahrg. 1979 Nr. 2. Wiesbaden: Franz Steiner Verlag 1979. 20
- [MON71] MONOD, J.: Zufall und Notwendigkeit. Philosophische Fragen der modernen Biologie. 5. Aufl. München: Piper 1971. 2, 28, 30, 30, 8
- [MUT97] MUTSCHLER, H.-D.: Zum Spannungsverhältnis zwischen Physik und Theologie. Praxis der Naturwissenschaften - Physik 6/46. Köln: Aulis Verlag 1997. 9
- [PAU61] PAULI, W.: Aufsätze und Vorträge über Physik und Erkenntnistheorie. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn 1961 (= Die Wissenschaft Bd. 115). 16
- [PEI80] PEIERLS, SIR R.: Model-Making in Physics. Contemp. Phys. 21 (1980) 1, S. 3–17. 10
- [RAF85] RAFELSKI, J., MÜLLER, B.: Die Struktur des Vakuums. Ein Dialog über das „Nichts“. Thun: Verlag Harri Deutsch 1985. 4
- [RHO69] RHODES, F. H. T.: Christentum in einem mechanistischen Universum. In: Christentum in einem mechanistischen Universum und andere Beiträge. Hrsg.: D. M. MACKAY. Wuppertal: Theologischer Verlag R. Brockhaus 1969 (= Neue Studienreihe 13). 24
- [ROH90] ROHRBACH, H.: Naturwissenschaft, Weltbild, Glaube. 13. erw. Aufl. Wuppertal: R. Brockhaus Verlag 1990. 1, 5
- [SCR90] SCHRÖTER, J.: Das L-Konzept physikalischer Theorien. Praxis der Naturwissenschaften Physik 39 (1990) 2, S. 20. 13
- [SCR96] SCHRÖTER, J.: Zur Meta-Theorie der Physik. Berlin, New York: Walter de Gruyter 1996. 13
- [SCU77] SCHÜRMAN, H.W.: Theoriebildung und Modellbildung. Wiesbaden: Akademische Verlagsgesellschaft 1977. 10

- [SEI89] SEIFFERT, H., RADNITZKY, G. (Hrsg.): Handlexikon zur Wissenschaftstheorie. Stichwort „Modell“ (STACHOWIAK). München: Ehrenwirth Verlag 1989. 8
- [SHE87] SHELDRAKE, R.: Das schöpferische Universum. Die Theorie des morphogenetischen Feldes. 2. Aufl. München: Goldmann Verlag 1987. 6
- [SIM90] SIMONYI, K.: Kulturgeschichte der Physik. Thun, Frankfurt: Verlag Harri Deutsch 1990. S.350f. 8
- [STA65] STACHOWIAK, H.: Gedanken zu einer allgemeinen Theorie der Modelle. *Studium Generale* 18 (1965), S. 432. 8
- [STA83] STACHOWIAK, H. (Hrsg.): Modelle – Konstruktion der Wirklichkeit. München: Wilhelm Fink Verlag 1983. 8
- [STA73] STACHOWIAK, H.: Allgemeine Modelltheorie. Wien, New York: Springer 1973. 8
- [STA80] STACHOWIAK, H.: Einleitung: Der Weg zum Systematischen Neopragmatismus und das Konzept der Allgemeinen Modelltheorie. In: Modelle und Modelldenken im Unterricht. Hrsg.: H. STACHOWIAK. Bad Heilbrunn: J. Klinkhardt-Verlag 1980. 7
- [STD85] STAUDINGER, H.: Das Verhältnis von Mathematik und Wirklichkeit. Ein Beitrag zur Frage nach Humanität in einer wissenschaftlich-technischen Welt. *Katholische Bildung* 86 (1985), S. 599 (Verlag F. Schöningh, Paderborn). 16
- [STE93] STEINMÜLLER, W.: Informationstechnologie und Gesellschaft. Einführung in die angewandte Informatik. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft 1993. 8, 3, 4
- [TEI85] TEICHMANN, J.: Wandel des Weltbildes. Astronomie, Physik und Meßtechnik in der Kulturgeschichte. Reinbek b. Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag 1985. 2
- [TOR82] TORRANCE, T.F.: Das Verhältnis zwischen christlichem Glauben und moderner Naturwissenschaft (Überlegungen zu James Clerk Maxwell). *ibw-Journal* (Sonderbeilage), Paderborn: Deutsches Institut für Bildung und Wissen 1982. 15
- [WEI90] WEIZSÄCKER, C. F. v.: Die Tragweite der Wissenschaft. 6. Auflage (mit dem bisher unveröffentlichten 2. Teil) Stuttgart: S. Hirzel 1990. 1
- [WEI92] WEIZSÄCKER, C. F. v.: Die Sterne sind glühende Gaskugeln und Gott ist gegenwärtig. Über Religion und Naturwissenschaft. Herausgegeben und eingeleitet von THOMAS GÖRNITZ. Freiburg, Basel, Wien: Herder 1992 (= Herder Spektrum Bd. 4077). 1
- [WOO93] WOOD, D.: Die Macht der Karten. *Spektrum der Wissenschaft*, Nov. 1993, S. 66–72. 6