



**Verlag von Georg Reimer in Berlin W. 10**

**Die antithetische Struktur des Bewußtseins**

Grundlegung einer Theorie der Weltanschauungsformen von Paul Hofmann, Privatdozent an der Universität Berlin. Geheftet 8 Mark

**Kants Lehre von der Entwicklung in Natur u. Geschichte**

Von Paul Menzer, Prof. an der Universität Halle. Geheftet 9 Mark, gebunden 10 Mark

**Die Unendlichkeit der Welt**

Nach ihrem Sinn und nach ihrer Bedeutung für die Menschheit dargestellt und beurteilt von Max Schneidewin. Geheftet 3.60 Mark

**Die Willensfreiheit**

Eine kritisch-systematische Untersuchung von Oskar Pfister, Pfarrer in Zürich. Geheftet 6 Mark

**Das Wahrheitsproblem in der griechischen Philosophie**

Von Richard Herberich, Professor an der Universität Bern. Geheftet 6 Mark

**Uriel Acosta.** Leben u. Bekenntnis eines Freidenkers vor 300 Jahren. Von Alfred Klaar. Geheftet 2.50 Mark

**Philosophische Propädeutik auf naturwissenschaftlicher Grundlage**

Für höhere Lehranstalten und zum Selbstunterricht von A. Schulte-Tigges, Direktor des Realgymnasiums zu Cassel. 2. verbesserte u. vermehrte Auflage. Geheftet 3 Mark, gebunden 3.80 Mark

# Weltgebäude, Weltgesetze, Weltentwicklung

Ein Bild der unbelebten Natur

von

**Dr. Erich Becher**

ord. Professor an der Universität Münster



Berlin 1915

Druck und Verlag von Georg Reimer

---

---

Alle Rechte, insbesondere das der Über-  
setzung in fremde Sprachen, vorbehalten.

---

---

## Vorwort.

---

Die vorliegende Zusammenfassung naturwissenschaftlicher Ergebnisse zu einem Gesamtbild der toten Natur möchte in erster Linie philosophischen Zwecken dienen. Wenn die Philosophie Weltanschauung auf wissenschaftlicher Grundlage bieten will, so wird sie das reiche Wissen von der körperlichen Welt, das die Naturforschung durch jahrhundertelange Arbeit erworben hat, mit größter Sorgfalt verwerten müssen. Dabei will dies Buch behilflich sein, indem es aus den weit verzweigten Wissenschaften, die sich mit der toten Natur beschäftigen, zusammenträgt, was für die Weltanschauung, für die Philosophie, von besonderer Bedeutung sein mag. Damit aber diese Sammlung philosophisch bedeutsamen Materials ihre Aufgabe, Weltanschauung vorbereiten zu helfen, recht erfüllen kann, müssen die zusammengetragenen naturwissenschaftlichen Erkenntnisse zu einem einheitlichen Naturbilde verarbeitet werden. Denn in der Weltanschauung wollen wir die Wirklichkeit als Ganzes einheitlich erfassen.

Wenn also der Stoff dieses Buches ein wesentlich naturwissenschaftlicher ist, so ist doch die Auswahl, Anordnung und Behandlung desselben von philosophischen Gesichtspunkten beherrscht. Solche Gesichtspunkte spielen gegenwärtig auch in der Naturforschung eine Rolle. Auch für diese kann die philosophische, erkenntnistheoretische Betrachtung naturwissenschaftlicher Grundbegriffe und -gesetze bedeutsam sein.

Man mag im Zweifel sein, ob die als Vorarbeit für die Gewinnung einer Weltanschauung wichtige Sammlung und Vereinheitlichung naturwissenschaftlicher Ergebnisse besser vom Naturforscher oder vom Philosophen vorgenommen werden. Es wird

von Wert sein, wenn beide sich um die Aufgabe bemühen, die für den einen wie für den anderen ihre Schwierigkeiten hat.

Für den Verfasser besteht noch ein besonderer Anlaß zu der vorliegenden Veröffentlichung. Sie stellt eine Erweiterung seiner „Naturphilosophie“\*) dar, die in diese aus Rücksicht auf den vorgesehenen Umfang, der dem Rahmen des Sammelwerkes „Die Kultur der Gegenwart“ sich einfügen mußte, nicht aufgenommen werden konnte. Um das vorliegende Buch in sich abgeschlossen zu gestalten, mußte der Verfasser einen Teil dessen in gekürzter Form wiederholen, was in der „Naturphilosophie“ bereits weit ausführlicher dargestellt wurde. In der Hauptsache aber bringt dies Buch dort nicht behandeltes Material, das sich der „Naturphilosophie“ ohne weiteres in folgender Weise einfügen läßt. Die erste, astronomisch-geologische Hälfte (S. 15 bis S. 89) des ersten Hauptteiles dieser Schrift (des Abschnittes: „Weltgebäude“) wäre vor Seite 205, die beiden anderen Hauptteile („Weltgesetze“ und „Weltentwicklung“) wären vor Seite 361 der „Naturphilosophie“ einzuordnen. So würde sich aus dem zweiten Hauptteil des letzteren Buches, dessen erster Hauptteil der Naturerkenntnistheorie gewidmet ist, ein umfassenderes einheitliches Gesamtbild der Natur, der toten wie der lebenden, ergeben.

Die Zerlegung des ursprünglichen Ganzen in zwei Teile mag aber für manche Leser von Vorteil sein, deren Interesse sich vornehmlich einem derselben zuwendet. Beide Bücher sind durchaus in sich abgeschlossen.

Münster i. W., Juni 1914.

**Erich Becher.**

---

\*) Die Kultur der Gegenwart, III, VII, 1, red. v. C. Stumpf, Leipzig und Berlin 1914.

## Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung.....	1
Abriß der Naturerkenntnistheorie .....	3
Weltgebäude .....	15
Die Unendlichkeitsfrage. Geometrische Präliminarien .....	15
Naturwissenschaftliche Erörterung der Unendlichkeitsfrage.....	20
Indirekte naturwissenschaftliche Begründungen für die Endlichkeit der Welt .....	27
Philosophisch-apriorische Erörterung der Unendlichkeitsfrage .....	35
Die Anordnung der Fixsternwelt.....	38
Die Bausteine des Fixsternsystems.....	50
Die Anordnung des Sonnensystems.....	55
Die Bausteine des Sonnensystems.....	67
Der Bau der Erde .....	80
Die Molekularstruktur der Körperwelt.....	89
Die chemische Molekular- und Atomtheorie .....	101
Die Elektronentheorie und die elektrische Theorie der Materie ...	110
Realitäten im „leeren“ Raume zwischen den gewöhnlichen Körpern und ihren Bausteinen. ....	120
Das Geschehen im Weltgebäude. Elektrisch-kinetische Naturauf- fassung.....	140
Weltgesetze .....	147
Die Galilei-Newton'sche Bewegungslehre .....	147
Die Relativität unserer Bewegungsfeststellungen und ihre Bedeutung für die Galilei-Newton'schen Prinzipien .....	161
Die moderne (Einstein'sche) Relativitätslehre. Abhängigkeit der Zeit- und Längenfeststellung vom Bewegungszustande des Beobach- ters.....	173
Ausgestaltung der modernen Relativitätslehre. Die vierdimensionale „absolute Welt“ .....	188

	Seite
Der erkenntnistheoretische Charakter der gewöhnlichen Einsteinschen Relativitätslehre und ihre Bedeutung für die Physik, insbesondere für die Prinzipien der Dynamik .....	196
Die neue Relativitätslehre und die elektrische Auffassung der Trägheit und der Materie. Prinzip der Erhaltung der Materie..	212
Arbeit und Energie. Prinzip der Erhaltung der Energie.....	219
Die energetische Naturauffassung.....	233
Intensität der Energie. Das Carnot-Clauviussche Prinzip.....	244
<b>Weltentwicklung</b> .....	262
Der Gesamtverlauf des energetischen Geschehens.....	263
Der Entwicklungsgang der körperlichen Substanzen .....	277
Der Entwicklungsgang der Fixsternwelt.....	283
Der Entwicklungsgang unseres Sonnensystems.....	295
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	301
<b>Namenregister</b> .....	305
<b>Sachregister</b> .....	309

---

### Druckfehler:

Seite 62, Zeile 20 lies Titius statt Titins.

---

## Einleitung.

Wenn man vom Weltgebäude spricht, so meint man den Aufbau der körperlichen Welt. Mit dieser wollen wir uns im folgenden beschäftigen; die seelisch-geistige Wirklichkeit soll unberücksichtigt bleiben. Ihre Gesetze und ihre Entwicklung wird man nicht leicht als Weltgesetze und Weltentwicklung bezeichnen, da Seelisches und Geistiges nur hier und da im Universum aufzuleuchten scheint. Nur auf unserer Erde, auf diesem Stäubchen im All, kennen wir seelische Wirklichkeiten, und zwar nur bei Menschen und Tieren, während der weit überwiegende Teil unseres Planeten tot und seelenlos erscheint. Und wenn man mit weiter unten zu besprechenden naturwissenschaftlichen Hypothesen annimmt, daß die Erde einst ein Feuerball war und in Zukunft dem allgemeinen Kältetode verfallen wird, so kommt man wohl zu der Ansicht, daß Leben und Seele nur vergängliche, wesenlose Erscheinungen sind, die für eine kurze Spanne Zeit in einem Winkel der Alls auftauchen, um dann wieder in die Nacht ewigen Todes zu versinken. Die leblose Materie, die in unübersehbaren Massen im Weltall von Ewigkeit zu Ewigkeit Bestand haben mag, erscheint dann als die eigentliche Substanz der Welt. Der Bau der Materie ist das Weltgebäude, die Grundgesetze der leblosen Natur sind die Weltgesetze, ihre Entwicklung stellt die Weltentwicklung dar.

In letzterem Sinne ist der Titel unseres Buches zu verstehen. Freilich brauchen wir darum keineswegs die skizzierte düstere Ansicht vom Wesen der Welt uns zu eigen zu machen. Um dieses kennen oder doch ahnen zu lernen, darf man sich nicht mit dem Blick begnügen, den der eine, soeben ange deutete Standpunkt gewährt. Andere Standpunkte zeigen die Welt von anderer Seite und in anderer Beleuchtung; immer aber liegt sie vor unseren Blicken als

ein unermessliches Gefilde, dessen Weiten gar bald im Dunst der Ferne verschwimmen, so daß wir ihren ganzen Reichtum an Sonnenschein und dunklen Schatten nie zu überschauen, sondern nur erschauernd zu ahnen vermögen.

Aufgabe und  
Notwendigkeit  
der Naturer-  
kenntnistheorie.

Neben dem naturwissenschaftlichen Standpunkte kommt für denjenigen, der mit philosophischem Sinne das Ganze der toten Natur erfassen will, vor allem der erkenntnistheoretische in Betracht, der in der Tat die Ergebnisse der Naturforschung in einem wesentlich andern Licht erscheinen läßt. Immer wieder sind die Naturforscher selbst zum Standpunkte der Erkenntnistheorie gelangt, wenn sie ihre Einzelarbeit unter große Gesichtspunkte zu bringen versuchten, wenn sie auf das Allgemeine und Ganze der Natur hinblickten und nach völliger Klarheit ihrer Grundbegriffe strebten. Solche grundlegenden Begriffe wie die der Zeit, des Raumes, des Gesetzes, der Ursache und Wirkung, der Kraft, des Körpers, des Stoffes, der Entwicklung usw. werden von der Naturwissenschaft zunächst unbesehen dem Gedankenschatze des außerwissenschaftlichen Erkennens entnommen. An diesen Begriffen aber hängen allerhand Voraussetzungen, die bei ihrem Gebrauch in Leben und Wissenschaft für gewöhnlich gar nicht recht zum Bewußtsein kommen, jedenfalls nicht genügend beachtet, geklärt und gerechtfertigt werden. Man braucht nur zu fragen, was denn eine Ursache oder eine Kraft sei, warum man annehme, daß jede Ursache nach unverbrüchlichem Gesetze immer wieder die gleiche Wirkung hervorrufe, usw., um sofort bemerklich zu machen, daß bei der Anwendung solcher Grundbegriffe und Grundvoraussetzungen unseres Erkennens vielfach die rechte Klarheit und Begründung fehlt. Und doch müssen sich die Mängel, die bei den Grundbegriffen und Grundvoraussetzungen bestehen, beim ganzen Naturerkennen immer wieder geltend machen. In der Tat entspringt aus der Unklarheit, die bei den Grundlagen vorliegt, stets von neuem Verwirrung und Meinungsstreit. Das ist dem einsichtigen Denken hervorragender Naturforscher nicht entgangen, und darum haben sie viel Arbeit auf die Klärung und Sicherstellung solcher Grundbegriffe und Grundannahmen verwandt. Bei dieser Arbeit aber zeigt sich, daß die fundamentalen Begriffe und Voraussetzungen aufs engste untereinander zusammen-

hängen, so daß sie nicht jeder für sich betrachtet werden können, sondern in ihrer Gesamtheit untersucht werden müssen. Wer z. B. den Begriff Kraft klarstellen will, kommt unvermeidlich auf die Begriffe Ursache und Wirkung.

Die systematische Untersuchung, Klärung und Rechtfertigung der Grundbegriffe und Grundvoraussetzungen unseres Erkennens ist nun Aufgabe der Erkenntnistheorie. Handelt es sich speziell um die Grundlagen des Naturerkennens, so sprechen wir von Naturerkenntnistheorie. Hier ist nicht der Ort, diese eingehend zu bearbeiten<sup>1)</sup>; an die angedeutete Aufgabe schließen sich überdies noch andere an, da naturgemäß von den Grundbegriffen und Grundannahmen beim Erkennen vieles abhängt, z. B. auch die Grenzen, die demselben gesteckt sind. Wir dürfen aber die Fundamente nicht ganz unbeachtet lassen, wenn wir ein Erkenntnisgebäude errichten wollen, welches das Ganze der toten Körperwelt nach Struktur, Gesetzen und Entwicklung umfaßt. Ein knapper Abriß naturerkenntnistheoretischer Betrachtungen ist also auch an dieser Stelle notwendig.

### Abriß der Naturerkenntnistheorie.

Wenn man die Naturforscher unserer Zeit nach den Grundlagen des Naturerkennens fragt, so wird man fast stets die einfache Antwort erhalten, daß diese in der sinnlichen Erfahrung gegeben sind. Fragt man weiter, was darunter zu verstehen sei, so wird man auf die Sinneswahrnehmungen verwiesen.

Die Erfahrung als Grundlage des Naturerkennens. Kritik der Sinneserkenntnis.

Es scheint ja in der Tat, daß unsere Sinneswahrnehmungen uns die Körper und ihre Eigenschaften geben. Wenn wir aber genauer zusehen, so kommen wir zu einem etwas anderen Ergebnis. Angenommen z. B., ich betrachte ein Eisenstück, so habe ich eine Sinneswahrnehmung desselben, die durch mein Auge vermittelt wird. Diese Wahrnehmung ist dann offenbar nicht mit dem Eisenstück identisch. Die Wahrnehmung verschwindet, wenn ich die Augen schließe, obgleich das Eisenstück bleibt. Die Wahrnehmung ändert

<sup>1)</sup> Verfasser hat eine solche Bearbeitung in gemeinverständlicher Form in seiner „Naturphilosophie“ versucht, die in dem Sammelwerke: „Kultur der Gegenwart“ soeben erschienen ist (Leipzig u. Berlin 1914).

sich, wenn ich das Eisen durch eine blaue oder gelbe Brille betrachte, wenn ich es nähere oder umbrehe, obgleich dabei das Ding selbst unverändert bleibt.

Die Wahrnehmung eines Naturdinges, eines Körpers, ist also nicht der Körper selbst, und sie gibt uns nicht eigentlich den Körper selbst. Das hat man frühzeitig eingesehen. Das Eisenstück wandert nicht in uns; in unsere Wahrnehmung selbst hinein, während wir es sehen; die Wahrnehmung kommt vielmehr dadurch zustande, daß das Eisenstück auf unser Auge, unser Sinnesorgan wirkt. So entsteht ein Bild des Körpers im Auge, das dann durch den Sehnerven zum Großhirn geleitet wird; das führt dann zur Wahrnehmung, zum Bild des Eisenstückes in unserer Seele.

Indessen kann man leicht zweifelhaft daran werden, ob die Wahrnehmung dem Eisenstück, das sie bewirkt hat, ähnlich ist, ob sie als sein Bild bezeichnet werden darf. Wenn man auf das geschlossene Auge mit dem Finger einen seitlichen Druck ausübt, so entsteht die „Wahrnehmung“ eines merkwürdig gefärbten Fleckes als Wirkung des drückenden Fingers. Niemand glaubt, daß der bunt leuchtende Fleck dem drückenden Finger ähnlich sei. Warum soll nun die Wahrnehmung des Eisenstückes diesem ähnlich sein, sein Abbild darstellen? Fasse ich das im geheizten Zimmer liegende Eisenstück an, nachdem meine Hand sich am Ofen wärmte, so nehme ich Kälte wahr; war meine Hand aber vorher in kalter Winterluft, so ergibt das gleiche Eisenstück eine Wärmewahrnehmung. Gleicht nun die Wärme- oder die Kältewahrnehmung dem Eisenstück oder seiner „wirklichen“ Temperatur? Die Antwort muß lauten: wir wissen nicht, ob die eine oder die andere Wahrnehmung dem Gegenstande gleicht. Wir wissen also nicht, ob unsere Wahrnehmungen den Körpern, von denen sie bewirkt werden, ähnlich sind.

Wirkungen sind häufig von ihren Ursachen so verschieden, daß sie keineswegs als Abbilder derselben betrachtet werden können. Das Tönen einer elektrischen Klingel ist kein Abbild des Fingerdruckes auf den Leitungsknopf, der das Läuten auslöst. So mag auch das Eisenstück ganz verschieden sein von den Wahrnehmungen, die es in uns auslöst.

Wir sind ja nie imstande, nachzusehen, ob unsere Sinneswahr-

nehmung mit dem Gegenstande, der sie auslöst, eine Ähnlichkeit aufweist. Denn wir können niemals Wahrnehmung und Gegenstand direkt vergleichen. So oft ich auch das Eisenstück besehe oder betaste, ich kann immer nur meine Gesicht- und meine Tasts Wahrnehmungen untereinander vergleichen, nie aber Wahrnehmung und Gegenstand, weil immer nur die Wahrnehmungen, nie aber die äußeren Gegenstände, die diese bewirken, mir gegeben sind.

Die Sinneswahrnehmungen geben also sozusagen nur sich selbst, nicht aber die Körper, die Naturdinge. Das wird besonders deutlich, wenn man bedenkt, daß wir in Träumen Bilder von der Art der Sinneswahrnehmungen sehen, denen überhaupt keine äußeren Gegenstände entsprechen. Da liegt der kühne Gedanke nahe, daß auch die Sinneswahrnehmungen, die wir wachend haben, solche Bilder ohne entsprechende äußere Gegenstände darstellen.

Wie dem aber auch sein mag, die Sinneserfahrung kann jedenfalls an sich nicht die äußere Welt der körperlichen Dinge geben, die auch bestehen bleibt, wenn niemand sie wahrnimmt; sie gibt zunächst nur die Sinneswahrnehmungen selbst, die unseren Traumbildern vergleichbar sind. Wenn wir von den Wahrnehmungen zu den wahrgenommenen Körpern in der äußeren Natur kommen wollen, so müssen wir noch andere Erkenntnisgrundlagen auffinden, die uns über die bloße Erfahrung hinausführen.

Notwendigkeit  
anderer Er-  
kenntnisgrund-  
lagen. Die Vor-  
aussetzung des  
Erinnerungs-  
vertrauens.

Es gibt nun tatsächlich gewisse Grundvoraussetzungen, die uns diesen Dienst leisten können. Ohne solche Voraussetzungen würden wir nicht einmal das besitzen, was wir für gewöhnlich als unsere Erfahrung bezeichnen. Aus Erfahrung weiß man, daß im Frühjahr der Schnee fortschmilzt. Aber diese Erkenntnis ruht nicht allein auf der Sinneswahrnehmung, sondern, wie alle Erfahrung von Vergangenen, auch auf der Erinnerung. Die nackte Erfahrung, die bloße Sinneswahrnehmung gibt mir bloß sich selbst, wie sie im Augenblick gerade besteht. Um von Vergangenen zu wissen, muß ich auf die Erinnerung vertrauen, muß ich annehmen, voraussetzen, daß sie mir ein Vergangenes richtig wiedergeben kann. In letzter Linie ruht jede Erkenntnis des Vergangenen auf dieser Voraussetzung, auf dem Vertrauen zur Erinnerung. Denn alle anderen Zeugen der Vergangenheit, wie etwa die Bilder verstorbenen Freunde,

können von ihr nur Kunde geben, indem sie auf Erinnerungen sich stützen; ohne diese wäre das Bild des Freundes nur etwas Gegenwärtiges, das mir von Vergangenen nichts sagen könnte.

Ein Beweis dafür, daß Erinnerungen uns ein Vergangenes richtig wiederzugeben vermögen, daß es überhaupt eine Vergangenheit gegeben hat, ist völlig unmöglich. Wenn jemand behauptet, es existiere nur dieser Augenblick, so kann ihn niemand widerlegen. Denn bei jedem Versuch, ihn eines Besseren zu belehren, müßten wir schon an seine Erinnerung uns wenden, die er eben nicht als Zeugen eines Vergangenen gelten läßt. Für ihn sind selbst die Pyramiden, von denen Jahrtausende auf uns niederschauen, nur Augenblicksgeschöpfe ohne Geschichte.

Freilich, solche Leugner des Vergangenen gibt es nicht. Aber unsere Überlegung zeigt, daß die sogenannte Erfahrung und mit ihr auch die Naturerkenntnis nicht nur auf der Sinneswahrnehmung beruht; ihr liegen vielmehr unentbehrliche, jedoch zugleich unbeweisbare Voraussetzungen zugrunde.

Die Regelmäßigkeitsvoraussetzung.

Die soeben betrachtete Voraussetzung des Erinnerungsvertrauens steht nämlich nicht allein. Wichtiger noch als der Rückblick in die Vergangenheit ist für den Menschen der Ausblick in die Zukunft. Auch dieser setzt unser Vertrauen zur Erinnerung voraus, da die Erkenntnis des Zukünftigen auf der Kenntnis des Vergangenen beruht. Aber der Ausblick in die Zukunft setzt noch mehr voraus. Die genaueste Kenntnis der Vergangenheit könnte uns nichts über die Zukunft lehren, wenn wir nicht annähmen, daß die Zukunft der Vergangenheit entspricht, daß die Regeln, die den Lauf der Welt bisher beherrschten, auch in Zukunft weiter gelten werden. Wir setzen also eine Regelmäßigkeit des zukünftigen Weltgeschehens voraus.

Auch diese Voraussetzung ist unbeweisbar. Wenn jemand behaupten würde, daß von heute ab nie mehr die Nacht dem Tage, der Tod dem Leben folgen werde, so könnte niemand ihn widerlegen. Gewiß könnte man ihn darauf hinweisen, daß es bisher immer so geschah. Aber wenn man nicht voraussetzt, daß die Zukunft sich nach der Vergangenheit richtet, so beweist dies eben nichts. Alle bisher gültigen Regeln des Weltlaufes könnten ja von Stund ab nichtig werden.

Die Regelmäßigkeitsvoraussetzung ist nicht nur die unentbehrliche Grundlage der Zukunftserkenntnis. Die erweiterte Annahme, daß überhaupt alles in der Welt festen Regeln unterworfen ist, dient uns auch vielfach zur Erkenntnis von Vergangenen und Gegenwärtigem, das nicht durch Erinnerung und Wahrnehmung ohne weiteres erkennbar ist. Ich erinnere mich nicht mehr des Wechsels der Jahres- und Tageszeiten in meinem vierten Lebensjahr; auf Grund der Voraussetzung der Regelmäßigkeit der ganzen Wirklichkeit darf ich aber annehmen, daß ich auch damals den Wechsel von Sommer und Winter, von Tag und Nacht erlebt habe. Den Schmerz eines Kindes, das hinstürzt und aufschreit, nehme ich nicht wahr, erfahre ich nicht unmittelbar; in der Wahrnehmung ist mir nur das Stürzen und Aufschreien gegeben. Bei eigenen ähnlichen Erlebnissen war aber mit Fallen und Aufschreien Schmerz verbunden; wenn ich nun voraussetze, daß alles in der Welt sich festen Regeln fügt, darf ich annehmen, daß auch mit dem Stürzen und Weinen jenes Kindes Schmerz verbunden ist, obwohl ich diesen nicht unmittelbar wahrnehmen kann. So ruht überhaupt jede Erkenntnis des Seelenlebens der Mitgeschöpfe logisch auf der Regelmäßigkeitsvoraussetzung. Nie kann ich in die Seele eines Mitmenschen unmittelbar hineinschauen; unmittelbar nehme ich immer nur körperliche Äußerungen der seelischen Vorgänge bei anderen Menschen wahr, wie Lachen und Weinen, Sprechen und Handeln; weil ich aber annehme, daß Lachen und Weinen, Sprechen und Handeln nach gewissen Regeln mit Freude und Leid, mit Gedanken und Willensregungen verbunden sind, erlauben mir jene Wahrnehmungen einen mittelbaren Einblick in das nicht direkt wahrnehmbare Innere der Mitmenschen.

Wir werden bald sehen, wie auch die Voraussetzung einer körperlichen Außenwelt, einer äußeren, von unserer Wahrnehmung unabhängigen Natur, mit der Regelmäßigkeitsvoraussetzung zusammenhängt. Vorher wollen wir noch einige Spezialisierungen der letzteren kennen lernen.

Aus der Annahme einer Regelmäßigkeit des Weltlaufes ist in der Entwicklung der Wissenschaft, insbesondere der Philosophie und Naturwissenschaft, die Gesetzmäßigkeitsvoraussetzung erwachsen. Sie besagt, daß die Wirklichkeit nicht nur im allgemeinen und einiger-

Die Gesetzmäßigkeitsvoraussetzung.

maßen sich nach Regeln richtet, sondern daß alles unter ausnahmslosen, absolut genauen Regeln, unter strengen Gesetzen steht. Das ist eine Voraussetzung, die sich in der Forschung trefflich bewährt, die aber nicht im strengen Sinne bewiesen werden kann. Denn es kann natürlich kein Beweis dafür erbracht werden, daß ein jedes Staubkorn des Universums vor oder nach Millionen und Abermillionen Jahren sich nach jenen strengen Regeln richtet, die der Physiker gegenwärtig im Laboratorium gültig findet. Das Reich unserer Wahrnehmung, unserer unmittelbaren Erfahrung, ist verschwindend klein gegenüber dem Reich der Wirklichkeit, die sich zeitlich und räumlich unübersehbar weit ausdehnt. Darum kann von einem Erfahrungsbeweis der Voraussetzung, daß sich die Wirklichkeit überall, immer und in jeder Hinsicht strengen Gesetzen füge, nicht die Rede sein.

Ebenso wenig kann bewiesen werden, daß die Wirklichkeitsgesetze absolut genau gelten. Die Meßinstrumente, mit denen die Naturforscher Naturgesetze prüfen, haben nur eine begrenzte Genauigkeit; das gilt von jedem Maßstab, jeder Wage, jedem Elektrometer. Die Behauptung einer absoluten, ausnahmslosen Gültigkeit einzelner Naturgesetze oder der Gesetzmäßigkeit der Gesamtwirklichkeit ist also nicht das Ergebnis eines eigentlichen Beweises, sondern vielmehr eine sich bewährende Voraussetzung.

Bei dieser Sachlage liegt der Gedanke nahe, daß die Annahme der Gesetzmäßigkeit des Wirklichen mehr oder weniger willkürlich sei, daß sie eine sogenannte Konvention darstelle. Tatsächlich kann es manchmal scheinen, daß wir in dem Wilde, welches wir in der Wissenschaft von der Wirklichkeit entwerfen, diese willkürlich auch dort als gesetzmäßig auffassen, wo sie uns keineswegs dazu zwingt. Überall, wo die Natur unsere Gesetze zu durchbrechen scheint, erfinden wir irgendwelche Hypothesen, welche die Ungesetzmäßigkeiten aus dem Naturbilde beseitigen. Als z. B. das Verhalten des Radiums, welches beständig Wärme und andere Energie — scheinbar aus Nichts — hervorbringt, das Grundgesetz der Erhaltung der Energie zu durchbrechen schien, stellte man die Hypothesen auf, es nehme die Energie in unbemerkbarer Weise von außen her aus einer verborgenen Strahlung auf, oder — wie man jetzt annimmt — die

Die Gesetzmäßigkeitsannahme eine Konvention?

beständig hervorgebrachte Energie stamme aus dem Innern der kleinsten Radiumteilchen, der Radiumatome. So hat man schon gar manches Mal bedrohte Naturgesetze durch die Erfindung geeigneter Hypothesen gerettet. Kein Wunder, daß die Natur schließlich schlechthin gesetzmäßig erscheint, wenn man immer dort, wo die Erfahrung eine Ungesetzmäßigkeit zu zeigen scheint, diese durch Hypothesen fortinterpretiert.

Es kann nicht ausgeschlossen werden, daß an der Konventionslehre etwas Berechtigtes ist, daß wir in der Wissenschaft die Welt gesetzmäßiger erscheinen lassen, als sie in Wirklichkeit ist. Es bleibt möglich, daß die Welt zwar im großen und ganzen und mit weitgehender Genauigkeit sich Regeln fügt, aber nicht schlechthin genaue und ausnahmslose Gesetze befolgt. Man darf aber die Konventionslehre nicht überspannen. Die bekannten Naturgesetze sind sicherlich nicht bloße Konventionen, d. h. auf willkürlichem Übereinkommen der Forscher beruhende Annahmen. Wenn die Gesetze der Elektrizitätslehre, mit denen unsere Ingenieure rechnen, auf bloßer Willkür beruhten, würden die nach jenen Gesetzen gebauten Maschinen nicht das leisten, was man von ihnen erwartet. Wenn ich mir willkürlich Naturgesetze zurechtlege und dann auf Grund derselben Maschinen erfinde, so funktionieren diese nicht; auf Grund willkürlicher Annahmen kann ich nicht prophezeien, was die gebauten Maschinen leisten, oder ob sie überhaupt etwas leisten; denn die Natur richtet sich nicht nach willkürlichen Konventionen. Auf Grund der Naturgesetze aber können die Techniker die Leistungen ihrer Maschinen, die Astronomen den Lauf der Sterne voraussagen; also sind die Naturgesetze nicht bloße, rein willkürliche Konventionen. Und so muß auch die Annahme einer allgemeinen Gesetzmäßigkeit der Welt mehr sein als eine bloße Konvention; sonst könnten wir nicht auf Grund dieser Voraussetzung in die Zukunft schauen.

Die das Wirkliche beherrschenden Regeln und Gesetze sprechen z. B. vom Gleichzeitigkeitsein, z. B. von der Aufeinanderfolge der Wirklichkeitsbestandteile. Ein Gesetz des Gleichzeitigkeitseins, ein Koexistenzgesetz, besagt z. B., daß ein silberweißer, metallglänzender, bei gewöhnlicher Temperatur flüssiger Körper zugleich ein hohes spezifisches Gewicht und ein gutes Leitungsvermögen für Wärme und

Koexistenz-  
und Auf-  
folgs-  
gesetze.

Elektrizität besitzt. Wenn wir sagen, daß dieser Körper (Quecksilber) unter gewöhnlichen Umständen unverändert fortbesteht, beharrt, so sprechen wir damit ein Sukzessionsgesetz aus; denn im Beharren liegt sozusagen die einfachste Art der Aufeinanderfolge vor, nämlich die Sukzession des Gleichen, Unveränderten. Eine andere Art der Sukzession ist die Aufeinanderfolge von Ungleichen, wie wir sie bei jeder Veränderung vor uns haben. Gesetze der Veränderung liegen in den Kausalgesezen vor.

Die Gesetze bzw. Regeln der Koexistenz und des Beharrens sind offenbar bedeutsam für die Anwendung des Ding- bzw. Substanzbegriffes. Ein Ding, eine Substanz (z. B. Quecksilber) beharrt mehr oder weniger, und an ihr koexistieren gesetzmäßig gewisse Eigenschaften (wie die Farbe, der Glanz, das Flüssigsein, das spezifische Gewicht, das Leitungsvermögen für Wärme und für Elektrizität am Quecksilber). Das Ding, die Substanz, gilt als der Träger der Eigenschaften; während Eigenschaften nicht selbständig, nicht für sich existieren können, sondern nur an einer Substanz sich finden können, kann diese für sich, also selbständig bestehen. Wenn wir das Ding oder die Substanz als den selbständigen Träger von Eigenschaften auffassen, so brauchen wir doch nicht zu meinen, daß dieser Träger ein besonderes Wirkliches sei, welches hinter allen seinen Eigenschaften stände. Man kann sich den Sachverhalt so vorstellen, daß die Substanz (z. B. Quecksilber) nichts anderes ist als der Verband ihrer Eigenschaften, der Farbe, des Glanzes, des Gewichtes usw. Dieser ganze Verband von Eigenschaften kann selbständig existieren; darum nennen wir ihn eine Substanz. Die einzelnen Eigenschaften, die Farbe oder der Glanz usw., aber können nicht für sich allein existieren, sondern nur an einem Ding, an einer Substanz, in einem Verbande von Eigenschaften.

Ob es ewig beharrende Substanzen gibt, kann die Erfahrung nicht entscheiden. Sie kann nur zeigen, daß eine Substanz mehr oder weniger lange Bestand hat oder beharrt. Schon darum erscheint es bedenklich, wenn D ist w a l d die Substanz einfach als das Beharrende, unter wechselnden Umständen Bestehenbleibende, auffaßt. Dies ist aber auch deshalb unmöglich, weil es Beharrendes in der Welt gibt, das keinesfalls als Substanz bezeichnet werden darf. Neben be-

harrenden Substanzen gibt es beharrende Eigenschaften und beharrende Gesetze. —

Wo eine Veränderung, etwas Neues, auftritt, sind wir überzeugt, daß dieses eine „Ursache“ habe; als solche bezeichnen wir ein Wirkliches, bei dessen (hinreichend vollständiger bzw. angenäherter) Wiederholung auch jenes Neue, die „Wirkung“, sich (annähernd) wiederholt. Wenn ein Geräusch auftritt, zweifeln wir nicht, daß eine Ursache dafür da war, und daß diese Ursache immer wieder, also gesetzmäßig, dieselbe Wirkung unmittelbar nach sich ziehen wird. Solche Ursache=Wirkungs- oder Kausalgesetze spielen in Wissenschaft und Leben eine sehr bedeutende Rolle. Die Annahme, daß alles Neu=Auftretende, jede Veränderung, eine Ursache hat, d. h. einen unmittelbaren Vorläufer, auf den es gesetzmäßig folgt, stellt das sogenannte Kausalprinzip dar. Offenbar ist dieses eine Spezialisierung der allgemeinen Gesetzmäßigkeitsvoraussetzung; Kausalgesetzmäßigkeit ist Gesetzmäßigkeit unmittelbarer Aufeinanderfolge. Das Kausalprinzip ist ebensowenig streng beweisbar wie die allgemeine Gesetzmäßigkeitsvoraussetzung. In der Erfahrung haben wir durchaus nicht zu jedem Neu=Auftretenden auch eine Ursache; wir sind vielmehr zuweilen (etwa bei einer Erkrankung) gar nicht imstande, eine solche zu finden. Die Erfahrung kann uns wegen ihrer räumlichen und zeitlichen Begrenztheit nicht zeigen, daß überall und immer die Veränderungen ihre Ursachen haben, auf die sie gesetzmäßig folgen. Das Kausalprinzip ist also eine Voraussetzung unseres Forschens, wie die allgemeine Gesetzmäßigkeitsannahme, und es ist nicht unmöglich, daß es etwas Konventionelles enthält. Jedenfalls hat es sich bisher in der Erfahrungsforschung vorzüglich bewährt, und wir werden es daher trotz seiner Unbeweisbarkeit beibehalten.

Die Begriffe Ursache und Wirkung und das Kausalprinzip.

Mit der Gesetzmäßigkeitsvoraussetzung und dem Kausalprinzip hängt nun auch die Annahme einer realen Außenwelt zusammen, die man im Leben und in der Naturwissenschaft als etwas Selbstverständliches, kaum zum Bewußtsein Kommendes voraussetzt. Wir haben uns deutlich gemacht, daß in unmittelbarer Erfahrung uns nicht die körperlichen, von unserer Wahrnehmung unabhängigen Dinge der Außenwelt gegeben sind, sondern nur unsere eigenen

Die Annahme einer realen Außenwelt.

Sinneswahrnehmungen. Diese treten aber oft in ziemlich ungeordneter Weise in unserem Bewußtsein auf; man denke nur an das Durcheinander der Geräusche, die man von draußen her bei geöffnetem Fenster vernimmt, an die wirre Folge von Räderknarren, Wagenrollen, Peitschenknallen, Glockentönen, Sprechen usw. Wenn wir nun annehmen, daß diese Wahrnehmungen durch körperliche Wirklichkeiten außerhalb unseres Bewußtseins verursacht werden, so kommt damit Gesetzmäßigkeit in das Gewirr; die Wahrnehmungen werden von ihren körperlichen Ursachen nach ganz bestimmten Gesetzen bewirkt, und die körperlichen Ursachen der Wahrnehmungen ordnen sich selbst wieder in gewisse Gesetze ein, die uns die Naturforschung lehrt. Die Glockentonempfindung wird gesetzmäßig bestimmt durch unser Ohr treffende Luftwellen, diese ihrerseits durch Schwingungen des Glockenmetalles, die selbst wieder nach strengen Gesetzen durch den Anschlag des Klöppels verursacht wurden. Wenn wir leugnen würden, daß hinter unseren Wahrnehmungen eine von ihnen unabhängige Außenwelt steht, die jene hervorruft, so würden wir schwerlich Gesetzmäßigkeitsvoraussetzung und Kausalprinzip für die Welt unseres Bewußtseins durchführen können; die „realistische“ Annahme einer äußeren, körperlichen Welt eröffnet die Möglichkeit einer Durchführung jener Grundvoraussetzungen.

Die Naturwissenschaft versucht nun, diese Außenwelt und ihre Gesetzmäßigkeit immer besser zu erkennen. Nach unseren früheren Ausführungen könnte man Zweifel hegen, ob dies möglich sei. Man könnte überlegen: die Wahrnehmungen sind Wirkungen der Außenwelt; die Wirkungen können von ihren Ursachen sehr verschieden sein; also können wir aus den Wahrnehmungen die möglicherweise von ihnen gar sehr verschiedenen Außenweltrealitäten nicht erkennen. In der Tat muß zugegeben werden, daß die Naturforschung das innere Wesen der Außenweltrealitäten, der „Dinge an sich“ nicht zu erkennen vermag. Es ist daher denkbar, daß jene Metaphysiker die Wahrheit getroffen haben, die dafür eingetreten sind, daß dieses innere Wesen der äußeren Natur seelisch sei, daß hinter den Körpern und ihren Kräften sich seelische Wirklichkeiten verbergen. Hier eröffnet also die erkenntnistheoretische Betrachtung einen Ausblick, der tatsächlich das naturwissenschaftliche Weltbild

Die Naturforschung erfährt nicht das innere Wesen der Außenwelt. Die Sinneswahrnehmungen als Zeichen der äußeren Realitäten.

in einem ganz anderen Lichte erscheinen läßt. Vielleicht darf der Metaphysiker als inneres Wesen der in unübersehbarer Menge den Raum füllenden Materie eine seelische Welt voll lebendiger Regsamkeit vermuten.

Wie dem aber auch sein mag, der Naturforscher kann eine wertvolle Erkenntnis der Außenweltsrealitäten aus ihren Wirkungen, aus den Sinneswahrnehmungen erlangen, obgleich diese ihm das innere Wesen der Natur nicht offenbaren können. Wenn eine Wirkung auch kein Abbild ihrer Ursache ist, so kann sie doch als Zeichen derselben dienen. So ist das Erönen einer elektrischen Klingel zwar kein Abbild des Druckes auf den Klingelknopf, aber ein Zeichen dafür, daß auf den Knopf gedrückt wird. In diesem Sinne sind auch unsere Sinneswahrnehmungen Zeichen der Außenweltswirklichkeiten.

Auch die räumlichen Eigenschaften der Wahrnehmungsinhalte werden Zeichen gewisser Besonderheiten der Außenweltsrealitäten darstellen; so werden den Unterschieden der Lage, der Höhe, der Breite, der Länge, der Bewegung, die wir in der Wahrnehmung an den Gegenständen bemerken, auch gewisse Unterschiede an den betreffenden Außenweltsobjekten entsprechen. Wir wollen die Besonderheiten der Außenweltsrealitäten, die uns in der Wahrnehmung als räumliche Eigenschaften der Dinge erscheinen, im übertragenen Sinne auch als räumliche bezeichnen; die nennen wir z. B. die Eigenschaft eines Außenweltsobjektes, die macht, daß uns das Objekt in der Wahrnehmung dick erscheint. Dabei mag das Dick-Sein des Außenweltsobjektes von der Dicke, wie sie uns in der Wahrnehmung erscheint, durchaus verschieden sein.

Räumliche  
Eigenschaften  
der Außen-  
weltsrealitäten.

Wenn wir so berechtigt sind, den Außenweltsrealitäten räumliche Eigenschaften beizulegen, dann können wir auch den Begriff des Körpers auf die ersteren anwenden. Körper sind raumerfüllende Dinge, raumerfüllende selbständige Realitäten. Betrachten wir z. B. einen flüssigen Körper, etwa eine Quecksilbermenge, so besitzt sie für die Wahrnehmung (mittels des durch sie hindurchbewegten Fingers) Höhe, Breite und Länge. Im übertragenen Sinne wird also auch das Außenweltswirkliche, welches der Wahrnehmung des Quecksilbers zugrunde liegt, Höhe, Breite und Länge haben; es wird also im übertragenen Sinne raumerfüllend sein. Auch zeigt unsere Wahr-

Anwendung des  
Körperbegriffes  
auf die Außen-  
welt.

nehmung an, daß dies Außenweltswirkliche eine gewisse Selbständigkeit und Beständigkeit haben muß; also dürfen wir es als raumerfüllendes Ding, als Körper bezeichnen.

Diese Möglichkeit, den Körperbegriff in derart vorsichtiger Weise auf die Außenweltswirklichkeiten anzuwenden, ist für uns von grundlegender Bedeutung, weil der Körperbegriff der eigentliche Grundbegriff der Naturwissenschaft ist; die Naturwissenschaft ist die Wissenschaft von der Körperwelt.

Körper und  
Kräfte; Dyna-  
mismus.

Die Körper verraten sich uns dadurch, daß sie Wahrnehmungen in unserem Bewußtsein bewirken oder doch unsere Wahrnehmungen indirekt beeinflussen. Sie sind also wirkungsfähig. Das Wirkungsfähige aber bezeichnen wir als Kraft, dies Wort im weitesten Sinne genommen. Ein Körper ist also eine Kraft oder ein Verband von Kräften — er scheint ja eine Vielheit von Wirkungsfähigkeiten zu besitzen, da er verschiedenartige Wirkungen hervorbringen zu können scheint. Diese Auffassung, nach welcher die Körper aus Kräften bestehen, bezeichnet man als Dynamismus.

Die Kräfte eines Körpers sind Eigenschaften desselben; die Eigenschaften der Schwere, des Magnetismus usw. sind offenbar Wirkungsfähigkeiten oder Kräfte. Nun hatten wir bereits bei Besprechung des Ding- bzw. Substanzbegriffes die Ansicht angedeutet, daß die Dinge selbständige Verbände von Eigenschaften sind. Diese Auffassung stimmt also durchaus zusammen mit unserer dynamistischen Anschauung, nach welcher die Körper raumerfüllende, selbständige Kraftverbände darstellen.

Das innere Wesen der Kräfte bleibt der Naturforschung verschlossen. Denn sie erkennt dieselben nur aus ihren Wirkungen, zuletzt aus unseren Wahrnehmungen, die wir lediglich als Zeichen, nicht aber einfach als Abbilder ihrer Ursachen betrachten dürfen.

Daß die Naturwissenschaften aus den Zeichen der Außenweltswirklichkeiten, welche uns in unseren Sinneswahrnehmungen gegeben sind, immerhin im ganzen sehr viel Wichtiges über die Außenwelt zu entnehmen wissen, wird man bei den Erfolgen, welche die Forschung in Theorie und Praxis in so reichem Maße gezeitigt hat, anzunehmen geneigt sein, obgleich unserer Naturekenntnis eine Reihe von unbeweisbaren Voraussetzungen zugrunde liegt.

## Weltgebäude.

Nachdem wir durch erkenntnistheoretische Betrachtungen eine Grundlage für unsere Darstellung des Ganzen der toten Natur geschaffen haben, beginnen wir mit einer Zeichnung des Weltgebäudes, um dann die die Körperwelt und das Geschehen in ihr beherrschenden Grundgesetze zu besprechen und endlich den Entwicklungsgang der toten Natur aus dem Bau der Welt und aus ihren Gesetzen zu erschließen. Bei diesem Unterfangen müssen wir die Grenzen der gesicherten Erkenntnis oftmals überschreiten und uns weit hineinwagen in das Gebiet der Hypothesen und Vermutungen. Dabei müssen wir Gewicht darauf legen, das Hypothetische als solches zu kennzeichnen. Entbehren können wir es bei der Begrenztheit und Lückenhaftigkeit des sichereren Wissens nicht, wenn wir eine Gesamtanschauung der Welt anstreben, wenn wir die Natur in philosophischer Absicht betrachten. Diese Absicht bringt es auch mit sich, daß wir auf erkenntnistheoretische Fragen gelegentlich zurückkommen müssen.

### Die Unendlichkeitsfrage. Geometrische Präliminarien.

Wir wollen bei der Betrachtung des Weltgebäudes vom Ganzen zu den Teilen, vom Großen zum Kleinen fortschreiten. Da drängt sich sofort die Frage auf, wie groß die ganze Körperwelt sei, ob sie endlich oder unendlich sei.

Wir müssen zunächst eine Vorfrage zu diesem Problem erörtern. Es handelt sich darum, ob der Raum, in dem wir die Körperwelt vorfinden, von unendlicher oder endlicher Ausdehnung ist. Die Metageometrie lehrt, daß die Unendlichkeit des Raumes nicht denknotwendig oder selbstverständlich ist, daß vielmehr der Raum möglicherweise endlich sein kann.

ist der Raum  
unendlich?

Analogie-  
betrachtungen  
zeigen, daß  
Endlichkeit des  
Raumes denk-  
bar ist.

Dies ist durch Analogiebetrachtungen zu verdeutlichen. Unser Raum hat drei Grundrichtungen: oben-unten, links-rechts, vorn-hinten; er ist dreidimensional. (Daß man in anderem Sinne, je nach den betrachteten Elementen, unserem Raume eine andere Dimensionszahl beilegen kann, wie die Plücker-Hesse'sche Geometrie zeigt, ist hier belanglos.) Eine Fläche ist dagegen zweidimensional; so haben wir in einer horizontalen Ebene nur zwei Grundrichtungen: links-rechts und vorn-hinten. Eine Linie hat nur eine Dimension; sie ist an jeder Stelle nur in einer Richtung ausgedehnt.

Es gibt zahllose eindimensionale Gebilde, wie gerade Linien, Parabeln, Hyperbeln usw. Die genannten eindimensionalen Gebilde sind von unendlicher Ausdehnung. Daneben gibt es aber auch endliche Linien, wie z. B. Kreise und Ellipsen. Ebenso gibt es zweidimensionale Gebilde von unendlicher und solche von endlicher Ausdehnung. Eine Ebene geht als geometrisches Gebilde ins Unendliche, ebenso ein Paraboloid. Eine Kugelfläche oder die Oberfläche eines Eies sind von endlicher Ausdehnung.

Unter den eindimensionalen Gebilden, den Linien, und unter den zweidimensionalen Gebilden, den Flächen, gibt es also sowohl endliche wie unendlich ausgedehnte. Ob dementsprechend auch sowohl endliche wie unendlich ausgedehnte dreidimensionale Gebilde oder Räume denkbar sind?

Der Euklidische Raum, mit dem wir uns als Schüler beschäftigt haben, ist von unendlicher Ausdehnung. Jede Richtung geht in ihm ins Unendliche. Unendlichkeit des Raumes können wir freilich nicht wahrnehmen; unsere räumliche Wahrnehmung bleibt stets im Endlichen; aber wir denken den Raum mit Euklid als unendlich ausgedehnt. Die Metageometrie lehrt uns nun nach Analogie der endlichen eindimensionalen und zweidimensionalen Gebilde (z. B. der Kreislinie und Kugelfläche) auch endliche dreidimensionale Gebilde denken. Dem Euklidischen Raum als dreidimensionalem Gebilde entspricht die Ebene als zweidimensionales, die Gerade als eindimensionales Gebilde. So entspricht der Kreislinie als endlichem eindimensionalem Gebilde, der Kugelfläche als endlichem zweidimensionalem Gebilde ein Kugelraum (sphärischer Raum) als endlichem dreidimensionalem Gebilde. Es gibt eine Geometrie dieses

sphärischen Raumes, so wie es eine Euklidische Geometrie, eine Geometrie des „ebenen“ Raumes gibt. Neben dem ebenen und dem sphärischen Raum sind andere unendliche und endliche Räume denkbar, ebenso wie es neben Ebenen und Kugelflächen andere Flächen von unendlicher und endlicher Ausdehnung gibt.

Der Gedanke eines endlichen Raumes erscheint zunächst unfaßbar. Das ist jedoch nicht von entscheidender Bedeutung, wie folgende Analogiebetrachtungen dartun mögen. Wir wollen uns Wesen vorstellen, die, selbst zweidimensional, in ihren Wahrnehmungen und Bewegungen auf eine Ebene beschränkt sind. Sie leben als flache Scheiben ganz in dieser Ebene. Sie wissen nur von zwei Grundrichtungen, z. B. vorne-hinten und links-rechts. Der Gedanke einer dritten Dimension, eines Oben-Unten, liegt ihnen so fern wie uns derjenige einer vierten Dimension. Sie können sich daher auch nur geometrische Gebilde vorstellen, die ganz in der Ebene liegen. Der Gedanke einer Kugelfläche ist für sie so schwierig wie für uns die Idee eines sphärischen Raumes. Die Geometer unter jenen Ebenenwesen aber erwägen, daß es nicht nur gerade, sondern auch kreisförmige und andere eindimensionale Gebilde gibt, und kommen so dazu, die Möglichkeit von anderen als ebenen zweidimensionalen Gebilden, von Kugelflächen usw. zu erörtern. Es kommt ihnen der Gedanke, daß, wie über dem Eindimensionalen ein Zweidimensionales möglich ist, über diesem ein Dreidimensionales, ein Raum, möglich sei.

Ein endlicher Raum ist möglich, obgleich er zunächst unfaßbar scheint.

So unfaßbar den fiktiven Ebenenwesen zunächst die Kugelfläche und der dreidimensionale Raum erscheinen, so unfaßbar dünkt uns Raumwesen zunächst ein sphärischer Raum oder gar ein vierdimensionales geometrisches Gebilde. Und wie es Kugelflächen und einen dreidimensionalen Raum gibt, obgleich sie den Ebenenwesen zunächst unfaßbar scheinen, ebenso kann es sphärische Räume und vierdimensionale Gebilde geben, obgleich diese uns zunächst unfaßbar scheinen. Wie die Kugel- (oder sphärische) Fläche endlich ist, so wäre auch der sphärische Raum endlich. Ein endlicher Raum erscheint also als möglich, obgleich er uns zunächst unfaßbar dünkt.

Unsere Raumerfahrungen geben keine Entscheidung der Frage, ob der Raum unendlich oder endlich ist.

Im sphärischen Raum gilt eine andere Geometrie als im ebenen, Euklidischen. Die geometrischen Sätze lauten im ebenen und im sphärischen Raum verschieden, ebenso wie etwa die Sätze über Dreiecke in der ebenen Fläche und auf der Kugeloberfläche verschieden lauten. Je größer aber eine Kugel ist, um so weniger unterscheiden sich kleine Figuren auf derselben von entsprechenden Figuren in der Ebene; so können wir z. B. ein kleines Stück der (annähernd) sphärischen Oberfläche des wellenlosen Meeres als eben ansehen. Wie es kleinere und ausgedehntere Kugeloberflächen gibt, so sind auch engere und ausgedehntere sphärische Räume denkbar. Ist die Ausdehnung eines sphärischen Raumes hinreichend groß, so unterscheiden sich die geometrischen Eigenschaften bei Gebilden von mäßiger Ausdehnung nicht mehr merklich von den Eigenschaften entsprechender Gebilde im Euklidischen Raum. Die gewöhnliche Euklidische Geometrie paßt nun vorzüglich zu unseren Raumerfahrungen. Unser Raum kann also ein ebener, Euklidischer und mithin unendlicher sein. Er kann aber auch sphärisch und somit von endlicher Ausdehnung sein; nur muß er dann hinreichend groß angenommen werden, so daß die geometrischen Eigenschaften der Gebilde in ihm sich von den Eigenschaften der entsprechenden Gebilde im Euklidischen Raume bei den für unsere Erfahrung in Betracht kommenden Größenverhältnissen nicht merklich unterscheiden.

Anderere, gleichfalls mögliche Annahmen über die Beschaffenheit unseres Raumes dürfen außer Betracht bleiben.

Auch die Erfahrung schließt also die Möglichkeit nicht aus, daß unser Raum endlich ist.

Ein endlicher Raum kann unbegrenzt sein.

Fassen wir noch einmal fiktive zweidimensionale Wesen ins Auge, nunmehr aber solche, die in Wahrnehmung und Bewegung auf eine Kugeloberfläche beschränkt sind. Indem sie letztere ausmessen, bemerken sie, daß dieselbe von endlicher Größe ist. Unsere Kugeloberflächenwesen kommen aber bei ihren Reisen nie an eine Grenze ihrer endlichen Welt. Indem sie weiter und weiter vordringen, kommen sie eventuell an ihren Ausgangspunkt zurück, wie ein Mensch nach einer Reise um den Erdball. Dem Menschen, dem dreidimensionalen Wesen, erscheint freilich die Kugeloberfläche als etwas Begrenztes. Für ihn gibt es etwas außerhalb, über und unter derselben,

Raumgebiete, in die er nicht eindringen kann, solange er in der Kugelfläche bleiben muß. Der Mensch fühlt sich also eingengt, in Grenzen gebannt, wenn er auf der Kugeloberfläche der Erde zu bleiben gezwungen ist. Anders unsere Kugelflächenwesen. Als zweidimensionale, in der Wahrnehmung auf die Kugelfläche beschränkte Wesen, kennen sie kein Außerhalb, kein Über und Unter ihrer Fläche. Ihnen liegt also der Gedanke, sich aus der Kugelfläche zu entfernen, über sie sich zu erheben, so fern, wie uns der Wunsch liegt, in der vierten Dimension unseren Raum zu verlassen. Für die Kugelflächenwesen hat ihre Welt keine Grenzen, obgleich sie endlich ist.

So kann auch unser Raum, etwa als sphärischer Raum, endlich sein, ohne Grenzen zu haben. Wir würden dann in ihm ebenfalls bei immer weiterem Vordringen eventuell zu unserem Ausgangspunkte zurückkehren. Uns ist ein solches Vordringen durch den Weltraum versagt. Der Lichtstrahl aber würde vielleicht nach jahrtausendelangem Weiterreisen wieder zu seinem Ausgangspunkte, etwa zur Sonne, zurückgelangen, wenn diese nicht inzwischen ihren Ort gewechselt hätte.

Man darf sich den sphärischen Raum nicht wie eine Kugel vorstellen, die als Raumteil in unserem dreidimensionalen Raume steckt. Das Raumgebilde einer Kugel ist in unserem Raume ja begrenzt. Der sphärische Raum aber ist im Dreidimensionalen unbegrenzt. Wie die endliche Kugelfläche erst begrenzt erscheint, wenn wir sie ins Dreidimensionale, in den Raum, versetzen, so würde der endliche sphärische Raum erst dann begrenzt erscheinen, wenn wir ihn im vierdimensionalen Raume betrachteten.

Wir kommen zu dem Ergebnis, daß unser Raum endlich sein kann, ohne begrenzt zu sein. Im Vierdimensionalen könnte es neben unserem unendlichen oder endlichen Raume unendlich viele andere Räume (und Welten) geben, wie es in unserem dreidimensionalen Raume unendlich viele Flächen verschiedenster Art gibt. Diese Räume wären dann natürlich nicht in unserem dreidimensionalen Raume nebeneinander, wie ja auch nicht die verschiedenen Flächen, die in einem Raume sind, in derselben Fläche nebeneinander sind.

Der Gedanke einer vierten Dimension ist neuerdings auch in

die theoretische Physik eingeführt worden, und zwar nicht etwa von spiritistisch Interessierten; der Zeit wird die Rolle einer vierten Dimension übertragen.

Wenn unser Raum endlich wäre, müßte ein gleiches für unsere Körperwelt gelten.

### Naturwissenschaftliche Erörterung der Unendlichkeitsfrage.

Geometrische Betrachtung und Raumerfahrung führen nicht zu einer Entscheidung der Unendlichkeitsfrage, sondern sie lassen verschiedene Antworten auf dieselbe zu. Wir wenden uns nunmehr der Untersuchung des Weltgebäudes selbst zu.

Die Gestirne erscheinen uns in großer, jedoch nicht unendlicher Ferne. Nach den ältesten Weltbildern ist der Sternenhimmel keineswegs unendlich. Die Ansicht, daß die Welt endlich sei, blieb im ganzen vorherrschend bis in die beginnende Neuzeit. Giordano Bruno nahm, indem er unter dem Einfluß der Kopernikanischen Lehre Demokritische Gedanken fortführte, zahllose Sonnensysteme in einem unendlichen Raume an. Erst im 19. Jahrhundert gelang es Bessel durch Messung (durch Bestimmung von Jahresparallaxen) die Entfernung einiger Fixsterne festzustellen. Gegenwärtig ist dieselbe für etwa 100 Fixsterne bekannt. Das Licht, welches mit einer Geschwindigkeit von 300 000 km pro Sekunde den Raum durchheilt, würde Jahre gebrauchen, um von diesen Sternen bis zu uns zu gelangen.

Von solchen Raumgrößen können wir uns keine Vorstellung bilden. Die meisten Sterne aber sind viel weiter von uns entfernt. Eine Messung ihres Abstandes ist nicht durchführbar.

Die ungeheuren Entfernungen können wohl den Gedanken der Unendlichkeit unserer Seele aufdrängen. Jene Messungen scheinen aber keine wissenschaftliche Entscheidung der Frage liefern zu können, ob unser Fixsternsystem endlich oder unendlich ist. Jedesmal tauchen neue Sterne auf, wenn stärkere Fernrohre angewandt werden. Der Gedanke liegt nahe, daß mit zunehmender Leistungsfähigkeit der Instrumente immer noch fernere Himmelskörper sichtbar werden.

Indessen hat die seit Herschel eifrig bearbeitete Stellarastronomie doch Ergebnisse geliefert, die zugunsten der Endlichkeitsannahme verwertet werden konnten. Man ist sogar an die Aufgabe herangetreten, Größe und Gestalt des als endlich angenommenen Fixsternsystems zu bestimmen. In neuerer Zeit hat insbesondere Seeliger die Frage ganz erheblich gefördert.

Ausdehnung  
des Fixstern-  
systems, be-  
stimmt auf  
Grund von  
Sternabnun-  
gen.

Hier ist nur anzudeuten, wie man durch Bestimmung von Sterngrößen und durch Sternzählungen („Sternabnungen“) etwas über die Ausdehnung des Fixsternsystems ausmachen will.

Man ordnet die Sterne nach ihrer Helligkeit in Größenklassen ein. Zur ersten Klasse gehören die hellsten Sterne (wie Sirius und Vega), zur sechsten die dem unbewaffneten Auge eben noch sichtbaren. Die mit bloßem Auge wegen ihrer geringen Helligkeit nicht wahrnehmbaren, im Fernrohr neu auftauchenden Sterne werden in weitere Klassen eingeordnet.

Die scheinbare Helligkeit eines Sternes, die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Größenklasse, hängt ab von seiner wirklichen Lichtstärke und seiner Entfernung. Die Lichtwirkung eines Sternes nimmt mit (dem Quadrate) der Entfernung ab. Wenn man die Entfernung und die scheinbare Helligkeit eines Sternes kennt, so kann man die wirkliche Lichtstärke berechnen. Die Durchführung solcher Berechnungen zeigt, daß die wirklichen Lichtstärken der Fixsterne verschieden sind. Wenn ein Stern uns lichtschwach erscheint, so kann das also an geringer wirklicher Helligkeit und an großer Entfernung liegen. Die Sterne der sechsten Klasse werden uns teils wegen ihrer geringeren wirklichen Lichtstärke, teils wegen ihrer größeren Entfernung weniger hell erscheinen als die Sterne der fünften Klasse. Gehen wir von der sechsten zur siebten Klasse über, die erst im Fernrohr sichtbar wird, so sind deren Sterne wiederum teils wirklich lichtschwächer, teils weiter entfernt als die der sechsten Klasse.

Betrachten wir einen bestimmten Bezirk des gestirnten Himmels! Wir zählen zunächst die Sterne erster Größe in diesem Bezirk und erhalten eine bestimmte Zahl. Nun zählen wir die Sterne zweiter Klasse hinzu; es ergibt sich eine zweite Zahl. Dann nehmen wir noch die Sterne dritter Klasse hinzu usw. So erhalten wir eine Reihe von Sternzahlen, die nach einer gewissen Regel wachsen. Wenn

wir zu einer weiteren Sternklasse übergehen, so ergibt sich ein Zuwachs von Sternen, die teils wirklich lichtschwächer, teils weiter entfernt sind als die Sterne der vorhergehenden Klasse. Indem wir so bei unserer Abzählung zu immer ferneren Sternen kommen, werden wir schließlich bei einer gewissen Größenklasse an die Grenze des Fixsternsystems gelangen, wenn dieses endlich ist. Dann können in der nächstfolgenden Größenklasse keine weiter entfernten Sterne mehr hinzukommen, sondern nur noch wirklich lichtschwächere Sterne. Während bisher der Zuwachs der Sternzahl beim Übergang zu einer weiteren Größenklasse aus zwei Gruppen stammte, aus der Gruppe der wirklich lichtschwächeren und derjenigen der weiter entfernten Sterne, kommt diese letztere Gruppe an der Grenze des Fixsternsystems natürlich zum Fortfall. Der Zuwachs der Sternzahl wird dann verhältnismäßig geringer ausfallen; er wird kleiner sein, als er nach der Regel sein müßte, die das Wachstum der Sternzahlen beherrscht, bis die Grenze des Fixsternsystems erreicht ist. Mit anderen Worten, die Regel muß bei einer bestimmten Größenklasse, mit welcher man an die Grenze des Fixsternsystems gelangt, ungültig werden.

In der Tat führen nun die Sternzählungen zu einem derartigen Ergebnis, wie es bei Endlichkeit des Fixsternsystems vorauszusetzen wäre. Somit ist anzunehmen, daß unser Fixsternsystem endlich ist, und zwar in jeder Richtung. In der Richtung der Milchstraße wird nach Seeliger mit den Sternen der 13. Größenklasse, in der dazu senkrechten Richtung mit denjenigen der Größe 11,5 die Grenze des Fixsternsystems erreicht. Macht man über die Verteilung der Sterne verschiedener Lichtstärke gewisse einfache Annahmen, die allerdings nicht frei von Willkür sind, und setzt man voraus, daß das Licht im Fixsternraume nicht absorbiert wird, so kann man die Ausdehnung des Sternsystems berechnen; die letztere Voraussetzung ist allerdings, wie unten darzulegen bleibt, sehr angreifbar. Die Rechnung Seeligers ergibt, daß das Fixsternsystem sich in der Ebene der Milchstraße 1100, in dazu senkrechter Richtung 500 Siriusentfernungen weit ausdehnt; eine Siriusweite wird vom Licht in 8 bis 10 Jahren durchseilt; sie beträgt ungefähr 80 Billionen km. Nach Harzers etwas abweichenden Angaben findet die

Veränderung in der Sternzahlregel bei den Sterngrößen 13,3 und 12,4 statt; in der Ebene der Milchstraße gebraucht das Licht 7400, in dazu senkrechter Richtung 5000 Jahre, um das Fixsternsystem zu durchqueren.

Nimmt man eine Absorption des Lichtes im Fixsternraume an, so sind die Dimensionen des Sternsystems kleiner anzusetzen.

In diesem endlichen System muß natürlich auch die Zahl der Sterne endlich sein. Die der leuchtenden wird etwa mit 35 oder 41 Millionen angegeben. Dunkle Sterne kommen in unbekannter Zahl hinzu.

Es ist leicht einzusehen, daß die Ergebnisse der angedeuteten Untersuchungen angreifbar sind. Eine Änderung in der Regelmäßigkeit, mit der beim Hinzuzählen der Sterne weiterer Größenklassen die Sternzahl wächst, würde sich auch ergeben, wenn von einer bestimmten Entfernung ab die Sterne viel seltener würden, ohne ganz zu fehlen. Wären wir mit einer bestimmten Sternklasse bis zu dieser Entfernung vorgedrungen, so würden sich weitere Klassen zwar noch aus wirklich lichtschwächeren und weiter entfernten Sternen rekrutieren; die weiter entfernten würden aber relativ selten sein, so daß der Zuwachs der Sternzahl kleiner ausfiel, als die Sternzahlregel erwarten ließe.

Wenn wir nun einmal annehmen, das uns umgebende Sternsystem einschließlich der Myriaden von Himmelskörpern, die die Milchstraße bilden, sei endlich, so wäre weiter zu fragen, ob alle Gestirne unserem System angehören. Natürlich können wir dies nur für die sichtbaren Himmelskörper erörtern.

Zunächst gibt es Sterne, die zwar innerhalb unseres Fixsternsystems sich befinden, ihm aber nicht als dauernde Glieder, sondern lediglich vorübergehend als Gäste anzugehören scheinen. Es handelt sich meist um lichtschwache Sterne von z. T. direkt gemessener Entfernung. Ihre Geschwindigkeit ist enorm groß, z. B. 300 km in der Sekunde, d. i.  $\frac{1}{1000}$  der Lichtgeschwindigkeit; diese Zahl gilt für den schwachen Stern Groombridge 1830. Für einen größeren Stern ( $\alpha$  Bootis, Arctur) beträgt sie über 400 km. Die Geschwindigkeit der meisten Fixsterne scheint viel kleiner zu sein; die der Sonne mag etwa 21 km pro Sekunde betragen. Die angegebenen ungeheueren

Scheitern.

Gehören alle sichtbaren Himmelskörper zu unserem Fixsternsystem?

Sterne von großer Geschwindigkeit als vorübergehende Gäste im Fixsternsystem („Ausreißersterne“).

Geschwindigkeiten der „Ausreißersterne“ können durch die von den Massen unseres Fixsternsystems ausgeübten Anziehungskräfte nicht erklärt werden, wenn wir diese Massen nicht kolossal unterschätzen. Somit ergibt sich die Annahme, daß jene Himmelskörper nicht eigentlich zu unserem Fixsternsystem gehören, sondern aus dem Weltraume in dieses hineingeeilt sind, um es in rasendem Laufe zu durchqueren und wieder zu verlassen. Es müßte also außerhalb unseres Fixsternsystems Weltkörper geben, und die Endlichkeit des ersteren würde nicht Endlichkeit der Körperwelt überhaupt bedeuten.

Es gibt aber ferner Betrachtungen, die dafür sprechen, daß es unserem („Milchstraßen“-)System analoge Sternsysteme weit außerhalb des ersteren gibt.

Um diese Überlegungen deutlich zu machen, müssen wir darauf hinweisen, daß man am Himmel neben den unserem Sonnensystem zugehörigen Gestirnen und den als Lichtpunkte erscheinenden Fixsternen noch die ausgedehnten leuchtenden „Nebelflecke“ findet. Z. T. zerfallen sie im Fernrohr in dichte Ansammlungen von Sternen, in Sternhaufen. Bei anderen gelingt solche Auflösung in Einzelsterne auch mit den stärksten Fernrohren nicht. Die spektralanalytische Untersuchung des Lichtes solcher unauflösbaren Nebelflecke führt zu dem Ergebnis, daß sie teils aus leuchtenden Gasmassen von geringer Dichte bestehen, teils als ungemein ferne und eben darum nicht auflösbare Sternhaufen anzusehen sind.

Gehören alle  
Nebelflecke zum  
Fixsternsystem?

Die Sternhaufen und Gasnebel gehören nun ohne Frage zum großen Teil unserem Fixsternsystem an.

Die durch das Fernrohr in Sternhaufen auflösbaren Flecke sind unserem Fixsternsystem zuzurechnen. In der Milchstraße selbst finden sich die meisten Sternhaufen. Im übrigen werden die auflösbaren Flecke bei Annäherung an die Milchstraße häufiger; sie folgen sogar ihren Unregelmäßigkeiten. Man muß also annehmen, daß sie zu demselben System gehören wie die Milchstraße. Hierfür spricht auch die Tatsache, daß ihre Sterne im Fernrohr einzeln sichtbar werden. Lügen die auflösbaren Flecke als selbständige Systeme weit außerhalb unseres Fixsternsystems, so müßten ihre Sterne, um einzeln sichtbar zu sein, eine ganz unverhältnismäßig große Lichtstärke besitzen.

Bei Gasnebeln wird die Zugehörigkeit zu unserem Fixsternsystem vielfach nahegelegt durch ihren Zusammenhang mit Fixsternen; dies gilt z. B. vom Orionnebel. Wenn ein Stern am Himmel in einem Nebel steht, so kann es sich um einen bloß scheinbaren Zusammenhang handeln; der Stern kann sich weit vor oder hinter dem Nebel befinden. Wenn aber leuchtende Nebelstreifen oder eine dunkle Bahn in der Nebelmasse gerade von einem Stern ausgehen, oder wenn ein solcher gerade in Verdichtungen der Nebelmaterie steht, so ist ein wirklicher Zusammenhang anzunehmen, und es ist zu vermuten, daß der Fixstern samt dem Nebel unserem System zugehört. Läge der Fixstern außerhalb des letzteren, so müßte er unverhältnismäßig groß sein.

Wie die Sternhaufen, so richten sich im großen und ganzen auch die Gasnebel in ihrer Verteilung am Himmel nach der Milchstraße, allerdings in anderem Sinne — ihre Zahl wächst stark mit der Entfernung von der Milchstraße —. Auch das spricht für die Zugehörigkeit zum Milchstraßensystem; man könnte allerdings auch schließen, daß dieses mit den systematisch zur Milchstraße angeordneten Nebeln ein weit größeres, umfassenderes System bilde, in dessen Symmetrieebene die Milchstraße liege.

Herschel fand, daß die Umgebung eines Nebels oft sternarm ist; er konnte aus der abnehmenden Sternhäufigkeit zuweilen die Nähe eines Nebelflecks erschließen. Diese Beziehung wäre äußerst sonderbar, wenn die Nebel außerhalb des Fixsternsystems lägen.

Gründe, wie sie soeben angeführt wurden, haben eine Reihe von Astronomen zu der Überzeugung geführt, daß alle Nebel ebenso wie alle Fixsterne zu demselben System gehören, und daß das ganze Universum aus einer einzigen, endlichen Ansammlung von Gestirnen bestehe. Die endliche Körperwelt könnte sich in einem unendlichen oder auch in einem endlichen Raume befinden.

Freilich ist die Endlichkeit des Milchstraßen-Fixsternsystems nicht ganz streng bewiesen. Unsicher ist es ferner, ob wirklich alle Nebelflecke zu diesem System gehören. Es gibt nämlich nicht-auflösbare Flecke, die nicht ohne Grund von manchen Forschern als selbständige Systeme dem Milchstraßensystem koordiniert werden; sie