

Die Eigenart des naturwissenschaftlichen Denkens und die Methode der exakten Naturwissenschaften insbesondere*).

Von WERNER SOMBART.

(Eingeg. 12. November 1929)

Die ersten „Wissenschaften“, die in der neueren Zeit zur Ausbildung gelangten, waren die Naturwissenschaften, unter ihnen wiederum zuerst die Wissenschaften von der anorganischen (leblosen) Natur und unter diesen die physikalischen Wissenschaften.

Das oberste (formale) Ziel dieses naturwissenschaftlichen (weil „wissenschaftlichen“) Erkennens war die Allgemeingültigkeit seiner Ergebnisse. Um dieses Ziel zu erreichen, mußten zunächst — das war die große zerstörende Aufgabe der neuen Erkenntnisart — alle Denkweisen ausgemerzt werden, die Allgemeingültigkeit ausschließen, das aber waren die magische, die theologische und die metaphysische Betrachtungsweise, die bis dahin geherrscht hatten. Sie wurden nacheinander beseitigt durch die Entzauberung, die Entgötzung und die Entwesung der Natur, wie ich drei bekannte Vornahmen bezeichnen will, die ich im folgenden kurz beschreibe.

1. die **magische** Ansicht der Natur, die wir auch die natürliche oder urwüchsige nennen können, besteht darin, daß man die Natur wie ein All-Lebendiges ansieht, daß man die beseelet. Diese Ansicht hatten auch die europäischen Völker in ihrer Frühzeit geteilt.

„Diese Höhen füllten Oreaden,
Eine Dryas wohnt in jedem Baum,
Aus den Urnen lieblicher Najaden
Sprang der Ströme Silberschaum.
Durch die Schöpfung floß da Lebensfülle . . .“

Aber nicht nur das Volk und mit ihm die Dichter hatten so gedacht: die ernsten Naturforscher waren keiner anderen Meinung. Für Aristoteles ist das physikalische Gesetz, kraft dessen der Stein fällt, der Ausdruck dafür, daß der Stein den „natürlichen Ort“ aller Steine, das heißt die Erde, wiedergewinnt. In

*) Die folgenden Ausführungen sind einem Buche entnommen, das ich im Begriffe bin, zu veröffentlichen, und das den Titel führen soll: „Die drei Nationalökonomien.“ In ihm habe ich der „naturwissenschaftlichen“ Nationalökonomie, die 150 Jahre geherrscht hat, eine „geistwissenschaftliche“ Nationalökonomie gegenübergestellt, die wir im Begriffe sind, aufzubauen. Um die Anwendung des naturwissenschaftlichen Denkens auf unser Wissensgebiet klarzumachen, mußte ich mit möglichster Deutlichkeit die Eigenart dieses Denkens selber zur Darstellung bringen. Das ist in den Abschnitten versucht worden, die ich hier mitteile. Es wird, denke ich, für den Naturforscher von einigem Interesse sein, zu erfahren, wie ein Laie seine Art, zu forschen, ansieht. Vielleicht dienen die folgenden Darlegungen als ein willkommener Beitrag zu der Diskussion über die Erkenntnisgrundlagen der exakten Naturwissenschaften, die augenblicklich im Schwange ist. W. S.

Nachwort der Schriftleitung: Untersuchungen über den Feinbau der Materie haben tiefgehende Änderungen des naturwissenschaftlichen Denkens vorbereitet und die Erörterung erkenntnistheoretischer Probleme weit mehr als früher in den Arbeitsbereich von Physik und Chemie einbezogen. Die betreffenden Fragen sind von Forschern wie Sommerfeld und Reichenbach in unserer Zeitschrift behandelt worden (41, 1, 881, 347 [1928] und 42, 121, 457 [1929]), eine Veröffentlichung von Bennewitz „Naturwissenschaftliche Denkgesetze“ wird folgen (vgl. den vorläufigen kurzen Bericht auf Seite 948). Die Einstellung dieser Autoren ist eine im wesentlichen naturwissenschaftliche. Es wird für unsere Leser von Interesse sein, eine rein geisteswissenschaftliche Auffassung kennenzulernen, und wir lassen deshalb gern Geheimrat Prof. Dr. Sombart zu Worte kommen.

seinen Augen ist der Stein nicht völlig Stein, solange er nicht an seiner normalen Stelle sich befindet; im Zurückfallen an diesen Ort strebt er, wie ein Lebewesen, das wächst, nach seiner Vervollständigung, nach voller Verwirklichung des Wesens der Gattung Steine¹⁾. Und noch im 16. Jahrhundert denken sich Theophrastus Paracelsus und Joh. Bapt. van Helmont die ganze Natur von Geistern und Dämonen bevölkert, die auch in Steinen und Metallen hausen. Jeder Körper hat seinen Spiritus; der Geist ist nach Paracelsus „das Leben und der Balsam aller körperlichen Dinge“; Luft und Wasser, Erde und Feuer werden von Elementargeistern, von Sylphen, Undinen, Pygmäen und Salamandern belebt. Von diesem Aberglauen der Alchimisten unterscheidet sich der phantastische Hylozoismus des Cardanus, des Giordano Bruno und anderer Italiener des 16. Jahrhunderts nur dem Grade nach: mystische Sympathien und Antipathien treiben die Gestirne durch den Raum und halten die Körper im Gange.

Descartes vertreibt alle Spukgeister aus der Natur; er entzaubert die Welt; er kennt im Raum nur noch einen Substantia corporea et extensa. Im kartesianischen Weltraum gibt es keine Schlupfwinkel mehr für magische Gespenster. Keine scholastischen qualitates occultae, keine mystischen Sympathien und Antipathien, keine peripatetischen Astralgeister, Planetenseelen und Spiritus rectores finden hier noch Platz²⁾.

„Fühllos selbst für ihres Schöpfers Ehre,
Gleich dem toten Schlag der Pendeluhr,
Folgt sie knechtisch dem Gesetz der Schwere,
Die entzauberte Natur . . .“

„Entzaubert“ war einstweilen die Natur, noch nicht „entgöttert“. Descartes hatte zwar die Natur in einen Mechanismus verwandelt, aber ihn und seine Gesetze in einen unmittelbaren Zusammenhang mit Gott gebracht. „C'est par la connaissance de Dieu que j'ai tâché de commencer mes études, et je vous dirai que je n'eusse jamais su trouver les fondements de la physique, si je ne les eusse cherchés par cette voie.“ Gott hat in die Natur Gesetze hineingelegt, die seinem Wesen entsprechen. In dieser Auffassung treten die letzten Ausläufer einer Ansicht von der Natur uns entgegen, die neben der magischen lange Zeit bestanden hatte, und die ich

2. die **theologische** Ansicht genannt habe. Sie beruht in dem Glauben an eine göttliche Weltordnung, dem Glauben, daß der Welt ein göttlicher Plan zugrunde liegt, dem Glauben, daß unser Leben, wie die uns umgebende Natur als Teile der Welt, wie diese selbst aus Gottes Hand hervorgegangen seien. Alles menschliche und natürliche „Gesetz“ entnimmt seine Kraft aus dem göttlichen: lex divina und lex naturalis ist dasselbe. Der Inhalt dieser göttlichen Weltordnung wird uns durch Offenbarung kund, sei es, daß diese aus den Gewitterwolken des Sinai hervorbricht, sei es, daß sie uns im stillen Walten des göttlichen Geistes geheimnisvoll zu-

¹⁾ Vgl. Bergson, Schöpferische Entwicklung (1912), S. 232 ff.

²⁾ Siehe die hübsche Zusammenfassung dieser bekannten Denkwandlungen bei Otto Liebmann, Gedanken und Tatsachen. 1882—1899. 1. S. 149 f.

teil wird. So hatte es das rein spiritualistisch-ethische jüdische Gesetz ausgesprochen; so das „Naturrecht“ der Griechen: die Welt untersteht einer vernünftigen Ordnung (*νόμος*), der sich alle Einzelwesen zu fügen haben: der *Δογμα* bekommt hier ein „normatives“ Gepräge: dieses alles bestimmende Gesetz ist aber zugleich die alles bezwingende Macht, die *Ἄρχη*, das Geschick: Schicksal und Vorsehung sind eins. Dieselben Gedanken hatte die Scholastik aufgenommen, wenn sie lehrte: „lex naturae nihil aliud est nisi lumen intellectus insitum nobis a Deo, per quod cognoscimus quid agendum et quid vitandum“ (St. Thomas). Das ist aber auch noch die Ansicht der großen Denker des 16., 17. und 18. Jahrhunderts. Naturgesetz und Sittengesetz sind beide nur zwei Bestandteile des einen göttlichen Gesetzes: *quae naturalis et moralis, eadem et divina lex appellari solet* (Hobbes).

Auch diese Annahme eines göttlichen Sinns, einer göttlichen Ordnung der Welt, die naturgemäß die Neigung zu teleologischer Betrachtung der Natur begünstigt hatte, mußte fallen: die Natur wurde entgöttert.

Aber die Natur war immer noch nicht reif für eine „wissenschaftliche“ Betrachtung. Es war noch

3. die metaphysische Ansicht zu beseitigen, das heißt jedwede über den Rahmen der Erfahrung und Evidenz hinausgehende Deutung der Natur, jedes „substantielle“ Denken der Natur mußte verschwinden. Man konnte nichts anfangen mit der metaphysischen Entität Platons oder der Scholastik, aber auch nichts mit Schellings oder Hegels Ansicht, daß die Natur Geist oder Bewußtsein sei. Die Fragestellung dieser Forscher war eben verkehrt gewesen: „Wie muß die Natur beschaffen sein, wenn der Mensch ein Glied in ihr sein und sie vom Menschen verstanden werden soll?“ (Schelling). Unmöglich konnte man etwas anfangen mit dem „Urphänomen“ Goethes und dessen Meinung: „Alles kommt in der Wissenschaft auf das an, was man ein Aperçu nennt, auf ein Gewahrwerden dessen, was eigentlich (!) den Erscheinungen zugrunde liegt.“ Und ebenso unannehmbar war die Zurückführung der Naturvorgänge auf „Entelechien“, das heißt auf in der Natur immanent wirkende und gestaltende Lebensenergien.

Aber man ging immer weiter in der Reinigung des Naturdenkens von metaphysischen Bestandteilen: auch die Verwendung von scheinbar harmlosen Denkmitteln, die aber doch einen metaphysischen Kern haben oder leicht metaphysisch gedeutet werden können, wurde abgelehnt. Die neueste und allerneueste Naturwissenschaft hat solcherweise auch mit den Begriffen: Ursache, Kraft, Substanz aufgeräumt. Dieses Reinigungswerk läßt sich am besten verfolgen an dem Schicksal, das der Substanzbegriff erfahren hat. „Substanz“ sollte dasjenige heißen, „was mit sich identisch bleibt, während es zugleich Veränderungen durchmacht“. Es war das erste Werkzeug, das sich der Erkenntniswille zum Zwecke der Naturerklärung schuf, nachdem die Natur schon entzaubert und entgöttert war. Nachdem man als das in den Körpern Verharrende nicht mehr Seele, nicht mehr Gott, den guten oder bösen Geist erkannte, setzte man an die Stelle ein großes X und nannte es Substanz, nannte es wohl auch Atom, Energie, neuerdings Elektrizität. Und es gibt noch Forscher, die in der Elektrizität „den von den Forschern durch Jahrtausende gesuchten Urstoff erblicken, aus dem alle sinnlich wahrnehmbaren Dinge gestaltet sind“ (Hass). Schließlich hat man aber auch dieses letzte, reichlich dunkle Etwas

verflüchtigt in das „elektromagnetische Feld“. Es gibt nun keinen mit sich identischen Stoff mehr. „Wir finden an jedem Orte nur wechselnde Zustände, nirgends einen substantiellen Träger, an dem sie haften, der sie mit sich forttragen könnte. Die ‚Zustände‘ oder ‚Vorgänge‘ in der Natur sind eben etwas Selbständiges, nicht Zustände von etwas oder Vorgänge an etwas. Die moderne Physik ist nicht Physik des Stoffes, sondern eine Physik des ‚Feldes‘. Dieses aber ist nur ein Inbegriff aller im Raum vorhandenen Zustände, nicht ein substantieller Äther, dessen Zustände sie wären. Die Materie wird gänzlich auf Zustände zurückgeführt, sie ist nichts als ein Komplex von solchen“³⁾.

Daß gleichzeitig mit dem Substanzbegriff auch der Ursach- und der Kraftbegriff fallen mußten, an denen z. B. Helmholtz noch streng festhielt, ist einleuchtend.

Ich nenne diesen Vorgang der Entmetaphysizierung des naturwissenschaftlichen Denkens Entwesung.

Hat man auf die geschilderte Weise „den Geist herausgetrieben“, und hat man nun „die Teile in seiner Hand“, so ist jetzt die aufbauende Aufgabe zu lösen: die toten Erscheinungen sind äußerlich zu ordnen. Diese Lösung geschieht durch Anwendung folgender Kunstgriffe: zunächst mittels der Zurückführung der Erscheinungsmasse auf eintragbare und vor allem berechenbare Tatsachen. Hierbei tritt die bewußte Einseitigkeit der Betrachtung zutage: nicht das Ganze der Natur, nicht die Ganzen der Natur, sondern nur Bruchstücke, Teile der Wirklichkeit sollen erkannt werden.

Man erreicht das vorgesteckte Ziel auf folgenden Wegen:

1. durch Elementarisierung, das heißt durch die Auffindung einfacher Tatsachen. Als solche boten dem Astronomen die durch ihre große Entfernung nur noch als Punkte oder Körper zu betrachtenden Gestirne sich dar; der Erforscher irdischer Zustände fand sie in den kleinsten Teilchen seiner Untersuchungsgegenstände. „Der Physiker hat . . . die Elementarscheinungen untersucht, indem er sich die Körper in unendlich kleine Teile zerlegt denkt“⁴⁾. Wie schon Descartes es anempfohlen hatte mit den Worten: „Um alle Eigenschaften des Feuers zu erklären, muß man die Bewegung seiner Teile annehmen; diese Bewegung aber genügt schon allein, um alle seine Erscheinungen einschließlich der Wärme und des Lichtes zu begreifen.“ Ein Schulbeispiel für die Anwendung dieses Verfahrens ist schon die Newtonsche Lichttheorie. Die anderen Naturwissenschaften suchten dem Beispiele der Physik nach Möglichkeit zu folgen: der Chemiker kam zum Begriff des Elements, der Biologe zu dem der Zelle usw.

Welche Wandlungen in der neuesten Zeit auch die Physik durchgemacht hat, die an die Namen Röntgen, Rutherford, Niels Bohr, Soddy, Planck u. a. anknüpfen: oberster Leitgedanke blieb — ja wurde immer mehr — das „atomistische Prinzip“. „Die kinetische Wärmetheorie und die Elektronentheorie hatten das atomistische Prinzip auf die Gegenstände des physikalischen Geschehens angewendet; die Quantentheorie überträgt das atomistische Prinzip auf die physikalischen Prozesse selbst . . . Wie schon früher die Physik ihren Betrachtungen ein Elementarquantum der Masse und eins der Elektrizität zugrunde gelegt hatte,

³⁾ Moritz Schlick, Naturphilosophie in: Max Dessoir, Lehrbuch der Philosophie 2 (1925), S. 426.

⁴⁾ H. Poincaré, Wissenschaft und Methode, 1914, S. 9.

so elementarisierter die Quantentheorie eine physikalische Größe, die in gewissen Sinne die physikalischen Prozesse als solche mißt; es ist die sogenannte Wirkung eines Prozesses, die durch Multiplikation von Energiebeträgen mit Zeitbeträgen erhalten wird⁵⁾“.

Der Vorgang der Elementarisierung wird auf seinen erkenntnistheoretischen Inhalt richtig wie folgt gekennzeichnet: Einen Gegenstand erkennen, das heißt ihn „erklären“, bedeutet in der Naturwissenschaft seine „Rückführung“ auf etwas anderes: „Dies geschieht stets so, daß in der fraglichen Naturerscheinung die gleichen Eigenschaften oder Merkmale entdeckt werden, die man auch an anderen Erscheinungen wiederfindet; beide erscheinen jetzt nicht mehr als etwas Verschiedenes, sondern die eine darf als besonderer Fall der anderen aufgefaßt werden und wird eben hierdurch auf diese „zurückgeführt“. Beispiele sind: die Zurückführung des Lichtes auf elektrische Wellen, der chemischen Vorgänge auf elektrische Vorgänge, des Schalls auf elektrische Schwingungen usf. „Zu jeder Erkenntnis bedarf es also durchaus der Kenntnis einer allgemeinen (höheren, oberen, umfassenderen) Klasse, die als ‚Erklärungsprinzip‘ dient. Es folgt hieraus, daß es in jedem Stadium der Erkenntnis, so weit sie auch dringen mag, stets letzte Prinzipien gibt, die selbst nicht mehr erklärt werden können, sondern aller Erkenntnis zugrunde liegen“).

Die Elementarisierung der Erscheinungen ist nicht Selbstzweck, sondern nur Mittel zum Zweck einer anderen Vornahme, nämlich

2. der Quantifizierung. Diese ist ein heiß ersehntes Ziel aller Naturerkenntnis, deren Grundsatz — im Gegensatz zu aller echten Philosophie von Aristoteles an — es geworden ist, „daß ein Erkenntniszusammenhang in der wirklichen Welt nur gefunden werden kann, soweit qualitative Bestimmungen auf quantitative zurückgeführt werden“).

Auf Quantifizierung ist die Naturwissenschaft aus gegangen, seit sie besteht. Schon Demokrit strebt ihr zu. Kepler meint, daß das Maß unserer Erkenntnis in ihrer Annäherung an die „nudae quantitates“ liege und daß der Mensch im Grunde nur zur Erfassung von Quantitäten geschaffen sei: „ut oculus ad colores, auris ad sonos, ita mens hominis non ad quaevis sed ad quanta intelligenda condita est“ (Kepler). Galilei's Grundsatz war es: „Alles messen, was messbar ist, und versuchen, messbar zu machen, was es noch nicht ist.“

Auf die seltsame Übereinstimmung dieser Entwicklung des naturwissenschaftlichen Denkens zur Quantifizierung mit der Entwicklung der kapitalistischen Buchführung habe ich schon in der ersten Auflage meines „Modernen Kapitalismus“ (1902) aufmerksam gemacht. Ich habe dort die gemeinsame Neigung zweier so sehr verschiedener Betätigungen des menschlichen Geistes auch schon auf die gemeinsame Ursache zurückgeführt, nämlich den Wunsch zur Berechenbarmachung der Erscheinungen. Man will aber rechnen können, um messen zu können. Messbarkeit bedeutet aber eindeutige Zuordnung zu Zahlenreihen, demzufolge rechnerische Erfassbarkeit. Zum Rechnen und Messen kann man aber nur qualitätslose „Größen“ gebrauchen: dort das Geld, hier Ausdehnung, Gewicht, Spannung usw.

5) A. E. Haas, Das Naturbild der modernen Physik. 2. Aufl., 1924, S. 52.

6) M. Schlick, a. a. O. S. 403f.

7) Herm. Weyl, Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaften im Handbuch der Philosophie 2 (1927), A, 100.

Die Krönung des Gebäudes der naturwissenschaftlichen Erkenntnis in ihrem ersten Teile bildet

3. die Mathematisierung. Sie ist möglich, sobald die Erscheinungen in nur noch quantitativer Bestimmtheit vorliegen. Und sie ist vorgenommen worden, seit man naturwissenschaftlich zu denken anfing. Es war eine der folgenreichsten Taten der Renaissance, daß sie die Mathematik sofort aus dem Altertum herübernahm. Die Mathematisierung nimmt dann rasch an Bedeutung zu, seit etwa um 1600 die von Vieta begründete „symbolische Analysis“ zur Anwendung gelangt. Sie wird von Descartes auf die gesamte Geometrie ausgedehnt und mit Hilfe der von Newton und Leibniz begründeten Infinitesimalrechnung zur analytischen Mechanik und theoretischen Physik weitergebildet. Man lernte allmählich für alle Gebiete der Naturbetrachtung Gesetze in symbolisch-analytischer Form aufzustellen. „Heute hat man solche Formelgruppen, aus denen man für die meisten der physikalischen Gebiete beherrschende Gleichungssysteme ableiten kann“).

Die Mathematisierung verfolgt ein doppeltes Ziel: sie soll dazu dienen, die rechnerischen Feststellungen genauer zu machen; „exakt“ heißt: in mathematischen Formeln darstellbar; und sie soll die oberste Forderung der naturwissenschaftlichen Erkenntnis erfüllen helfen: sie soll diese allgemeingültig machen. Wer nach Allgemeingültigkeit strebt, strebt vor allem nach Mathematik. Siehe Kant!

Die solcherweise gewonnenen, messbar und berechenbar gemachten „einfachen“ Tatsachen müssen nun geordnet werden. Das geschieht durch Anwendung einer Reihe rationaler, rein formaler Ordnungsprinzipien. Solche Ordnungsprinzipien sind:

1. die Allgemeinbegriffe, im Sinne von Zusammenfassungen der konstanten Merkmale eines Dings und durch Abstraktion gewonnen. Diese naturwissenschaftlichen Allgemeinbegriffe tragen streng nominalistisches Gepräge. Besondere Arten von Allgemeinbegriffen sind

2. der Strukturbegriff, mit dessen Hilfe die Erscheinungen räumlich zu bestimmten „Gestalten“ angeordnet werden bzw. als Gestalten erscheinen. Mit diesem Strukturbegriff arbeitet die Mineralogie seit jeher, die Chemie seit der Aufstellung der Strukturformeln durch Kekulé, während er in die Physik durch die neuen Untersuchungen von Köhler und Wetherimer u. a. einzudringen beginnt.

Man muß sich davor hüten, diese „Gestalten“ mit „Ganzheiten“ zu verwechseln. Ganzheiten sind sie natürlich nicht, da sie auch nur die quantitative Seite der Erscheinungen in Rücksicht ziehen. Köhler nennt seine Formeln „Beziehungen zwischen physischen Größen“. Die Gestalten sind infolgedessen auch mathematisierbar. Ja, die Vertreter der „Gestalttheorie“ legen besonders Wert darauf, zu betonen, daß ihre Betrachtungsweise die Mathematisierbarkeit der Naturerscheinungen sogar steigere. „Gestalten“ sind nach der

8) H. Dingler, Zusammenbruch der Wissenschaft, 1926, S. 47 f. Vgl. auch desselben Verfassers mathematische Spezialschriften. Über den beherrschenden Einfluß der Mathematik auf das Denken des 17. und 18. Jahrhunderts unterrichten: Vaihinger in seinem Kant-Kommentar 1, S. 240 ff.; P. Menzler, Kants Lehre von der Entwicklung, 1911, S. 214 ff.; E. Cassirer, Das Erkenntnisproblem, 1911, s. h. v. Vgl. auch noch Ewald Schams, Zur Geschichte und Beurteilung der exakten Denkformen in den Sozialwissenschaften in der „Zeitschrift für die gesamten Staatswissenschaften“, Band 85, 1928, Heft 3, und die dort angeführte neuere Literatur.

Meinung Köhlers überall dort (und nur dort?), wo „in der Physik die theoretischen Aufgaben auf partielle Differentialgleichungen, auf Integralgleichungen und auf Systeme simultaner algebraischer Gleichungen führen“¹⁰⁾.

Während der Strukturbegriff, das Ordnungsprinzip, in den Naturwissenschaften erst seit einem Menschenalter allgemeinere Geltung sich zu verschaffen beginnt, ist ein anderer Allgemeinbegriff von jener in Übung gewesen und kann als das wichtigste Ordnungsprinzip der modernen Naturwissenschaften angesehen werden, das ist

3. der Gesetzesbegriff. Mit seiner Hilfe will der Forscher die Erscheinungen in der Natur in der Zeit ordnen, indem er Formeln aufstellt für die im Ablauf der Naturprozesse beobachteten Regelmäßigkeiten. Es handelt sich bei den Gesetzen also immer nur um Regelmäßigkeiten der Sukzession, nicht der Koexistenz; denn — nach Meinung des modernen Naturforschers — sind „letzte Elemente des Universums nicht Dinge, sondern Vorgänge“. Da es sich bei den beobachteten Erscheinungen nur noch um Größen handelt, so sind alle Naturvorgänge Bewegungen: so hatte es Galilei verkündet, der zuerst die Bewegung zum Gegenstande der Untersuchung machte und nicht die Dinge, und dabei ist es bis heute geblieben. Das Naturgesetz ist eine „Regel zeitlicher Aufeinanderfolge von Bewegungen als Ausdruck der Metamorphose eines seinem Wesen nach ewig Gleichen“. Der Bereich, innerhalb dessen man diese Regelmäßigkeiten der Bewegung feststellt, heißt das „Kraftfeld“.

Die Ordnung erfolgt nun in der Weise, daß man die beobachteten Tatsachen innerhalb eines Kraftfeldes „funktionalisiert“, das heißt in Beziehung setzt [$v = f, (x, y, z \dots)$] und in den Bewegungen dieser Veränderlichen die Konstanz gewisser Kombinationen während eines Naturvorganges feststellt, die sich beobachten läßt, obwohl die Größen selber im Laufe des Vorgangs sich ändern. Da man die Beziehungen in unendlich kleinen räumlichen und zeitlichen Abständen annimmt, und da es sich nur um Größen handelt, so kann jede solche konstante Beziehung in einer Differentialgleichung ausgedrückt werden. Das ist der Sinn, wenn H. Poincaré das Naturgesetz als Differentialgleichung bezeichnet. Diese Differentialgleichungen, die also die Veränderung der Kraftgrößen und der Kraftrichtung beim Durchwandern des Raums und ihr gleichbleibendes Verhältnis zueinander darstellen, beschreiben, wie man es nennt, das Kraftfeld: sie drücken die gleichbleibende Beziehung zwischen der Erscheinung von heute und der von morgen aus und ersetzen das Erkenntnismittel der Substanzialität oder Identität des Dinges mit sich. Man bezeichnet sie als „Mikrogesetze“, die dann integriert werden, um Gesetze festzustellen, „welche die Abhängigkeit der Naturprozesse voneinander über größere, wahrnehmbare und daher direkter Messung zugänglichere Erstreckungen wiedergeben“ (Schlick), die sogenannten Makrogesetze, die also Äußerungen der Mikrogesetze sind, etwa wie das Newtonsche Gesetz.

Das ist, wie ich es verstehe, das Verfahren der exakten Naturwissenschaft, insbesondere der Physik, deren oberstes Ziel es danach ist, „Gesetze“ zu formen, Formeln zu prägen, in denen für die Bewegungen, als die einzigen Vorgänge in der Natur, denen man sein Augenmerk noch zuwendet, bestimmte Regelmäßigkeiten festgestellt werden.

Grundsätzlich verfahren die anderen Naturwissenschaften ebenso, indem sie

¹⁰⁾ W. Köhler, Die physikalischen Gestalten, 1924, S. 117.

äußerlich erfaßte Naturerscheinungen ordnen. Ihr Ideal bleibt dabei die „Exaktheit“ der physikalischen Wissenschaften. Ihre Ordnungsprinzipien sind zum Teil dieselben, zum Teil andere. So die Klassifikation in der Botanik und Zoologie, soweit diese Wissenschaften nicht mit den Methoden der Physik und Chemie betrieben werden; Anpassung, Auslese, Ausmerzung in der Biologie und Zoologie; „regulative Ideen“, wie die Idee des „Organismus“ als Fiktion u. a.

Durchaus als Reaktion gegen diese heute in den Naturwissenschaften herrschende Denkweise ist die Bewegung des Neo-Vitalismus zu betrachten, die aber doch nur die Auflehnung des Philosophen gegen den Naturwissenschaftler ist, dieselbe, die schon Aristoteles gegen Demokrit ins Werk setzte.

Fragen wir nun nach dem Erkenntniswert des naturwissenschaftlichen Denkens, so ergibt sich folgendes:

Die Erkenntnis, wie sie die moderne Naturwissenschaft betreibt, ist ein äußerliches „Begreifen“ der Dinge, ist Erkenntnis „von außen“, ist „Teilerkenntnis“, wie man es auch genannt hat, das heißt: sie bedeutet eine Beschränkung auf das eine Merkmal: Größe. Indem die Naturwissenschaft eine Messung, eine Zahl für Eigenschaften der Erscheinungen ausgibt, hat sie eine formale, einseitige Beziehung an die Stelle des mannigfaltigen Ganzen gesetzt.

Wir können auch sagen: die Naturwissenschaft verzichtet auf Wesenserkenntnis, müssen dabei aber einen richtigen Begriff vom „Wesen“ eines Dinges haben. Es geht nicht an, wie es Köhler tut¹¹⁾, das „Strukturgesetz“ ein „Wesengesetz“ zu nennen, wenn man gleichzeitig das Strukturgesetz als „Beziehungen zwischen physischen Größen“, also einem Äußeren, einem Teil bezeichnet. Es geht ebensowenig an, zu sagen, „daß es das Wesen des materiellen Dinges sei, res extensa zu sein“, wie wir es bei Husserl lesen¹²⁾), da ja auch die Eigenschaft der Ausdehnung eine von vielen und also nur der Teil eines Dinges ist. (Höchstens könnte man sagen: Ausdehnung gehört zum Wesen des materiellen Dinges.) Wir werden vielmehr unter dem Wesen eines Dinges immer seine Totalität verstehen müssen und Qualität, Grund, Zweck nicht aus dem Begriffe ausschließen. Vor allem aber werden wir die Wesenheit immer mit dem Anspruch der Notwendigkeit ausstatten müssen. Und können das Wesen vielleicht mit Sigwart bestimmen als „die Einheit eines Dinges, sofern sie für sich die Notwendigkeit gewisser Eigenschaften enthält“, als „den beharrlich zeitlosen Grund der jeweiligen zeitlichen Wirklichkeit eines Dinges“¹³⁾. Diese Begriffsbestimmung ist der Hegelschen nachgebildet, der zufolge „Wesen... das vorhergegangene, aber zeitlose Sein“ ist (bekanntlich bringt Hegel „Wesen“ und „gewesen“ in einen inneren Zusammenhang).

Ohne metaphysischen Zusatz läßt sich der Sachverhalt wie folgt umschreiben: Die Bestimmung des Wesens eines Dinges muß vollständig und eindeutig sein. Wesen ist notwendiges So-Sein. Es wird begründet durch den Zusammenhang, den das Ding bildet, und durch den Zusammenhang, in dem es steht. Wir können jenen einen Strukturzusammenhang, diesen einen Beziehungszusammenhang nennen; jener gibt Antwort auf die Fragen: was? und wie?

¹⁰⁾ W. Köhler, a. a. O. S. 86 f.

¹¹⁾ E. Husserl, Ideen zu einer reinen Phänomenologie usw., § 9, 1913.

¹²⁾ Sigwart, Logik, 1⁴, S. 269 f.

dieser auf die Fragen: woher? wohin? warum? wozu? Der Strukturzusammenhang bedeutet die Zurückführung der einzelnen Bestandteile (Merkmale) eines Gegenstandes auf einen einheitlichen geistigen Mittelpunkt (Kern), der Beziehungszusammenhang die Eingliederung des Gegenstandes in ein größeres „Ganze“.

Fassen wir so den Begriff des Wesens, so wird es bei der obigen Feststellung: daß die Naturwissenschaft auf Wesenserkenntnis verzichtet, sein Bewenden haben können. Sie will nicht erkennen die mannigfachen Eigenschaften der Dinge, nicht den Grund ihres Daseins und Soseins, nicht ihre Bestimmung, und ihre Erkenntnisse erheben nicht den Anspruch der Notwendigkeit. Dieser Verzicht auf Notwendigkeit und das Sichbegnügen mit einer mehr oder weniger großen Wahrscheinlichkeit ihrer Forschungsergebnisse ist ein besonderes Kennzeichen naturwissenschaftlichen Wissens. Auch die „strengsten“ Naturgesetze (die „Mikro“-Gesetze) entbehren der Notwendigkeit.

Diese Einsicht ist dem Logiker seit Aristoteles, der schon den „streng wissenschaftlichen Charakter“ der Induktion geleugnet hat, nie verborgen gewesen, daß die Naturgesetze auch als allgemeinste Gesetze „induktiv gewonnene Hypothesen (bleiben) und alles deduktiv von ihnen Abgeleitete . . . an ihrem hypothetischen Charakter teilnimmt“¹³⁾. „Notwendigkeit kann aus der Erfahrung nicht abgenommen werden . . .“ Die Erfahrung lehrt mich zwar, „was da sei und wie es da sei, niemals aber, daß es notwendigerweise so und nicht anders sein müsse“ . . . „Die Erfahrung kann uns nur zeigen, daß oft und, wenn es hoch kommt, gemeinlich auf einen Zustand ein anderer folge, und kann also weder strenge Allgemeinheit noch Notwendigkeit verschaffen“¹⁴⁾. „Jede empirische, bloß durch Induktion gewonnene Erkenntnis (hat) immer nur approximative, folglich prekäre, nie unbedingte Gewißheit.“ „Sogar das allgemeinste und ausnahmsloseste aller . . . Naturgesetze, das der Gravitation, ist schon empirischen Ursprungs, daher ohne Garantie für seine Allgemeinheit“¹⁵⁾. „Weil etwas berechenbar ist, ist es deshalb schon notwendig“¹⁶⁾? Naturgesetze sind „ungefähr Allgemeinheiten der Existenz und Sukzession, auf Tatsächlichkeiten bezüglich, die in einem Falle so, im anderen anders sein können“ . . . „Durchschnittsallgemeinheiten, von denen es heißt: ‚Keine Regel ohne Ausnahme‘.“ „Die Induktion begründet . . . nicht die Geltung des Gesetzes, sondern nur die mehr oder minder hohe Wahrscheinlichkeit dieser Geltung; einsichtig gerechtfertigt ist die Wahrscheinlichkeit, nicht das Gesetz.“ „Ihre Allgemeinheit ist also keine ‚reine‘ oder ‚unbedingte‘, und ebenso ist die Notwendigkeit alles ihnen untergeordneten Geschehens mit ‚Zufälligkeit‘ behaftet. Die Natur mit allen ihren physikalischen Gesetzen ist eben ein Faktum, das auch anders sein könnte.“ „Naturgesetze, Gesetze im Sinne der empirischen Wissenschaften sind keine Wesensgesetze (Idealgesetze, apriorische Gesetze), empirische Notwendigkeit ist keine Wesensnotwendigkeit“¹⁷⁾.

Ein Logiker, der unter den neueren mit am frühesten sich gegen den Aberglauben der „Naturgesetzlichkeit“ aufgelehnt und die ganze „statistische Gesetzmäßigkeit“, die jetzt die Naturforscher entdeckt haben, vorweggenommen hat, indem er alle „Gewißheit“ auf

¹³⁾ E. v. Hartmann, Die Weltanschauung der modernen Physik, 2. Aufl. 1909, S. 211.

¹⁴⁾ I. Kant, Prolegomena, §§ 2, 14, 33.

¹⁵⁾ Schopenhauer, Vierfache Wurzel usw., § 20.

¹⁶⁾ F. Nietzsche, Werke (Großoktavausgabe) 15, S. 314.

¹⁷⁾ E. Husserl, Logische Untersuchungen, 1², S. 62, 148 f., 240, 290, 1900.

Wahrscheinlichkeit zurückführte und dafür ein breit angelegtes System geschaffen hat, ist der in Deutschland wenig bekannte W. St. Jevons, der schon 1874 schrieb¹⁸⁾: „My strong conviction is that before a rigorous logical scouting the Reign of Law will prove to be an unverified hypothesis, the uniformity of Nature an ambiguous expression, the certainty of our scientific inferences to a great extent a delusion.“

Jetzt sind auch die Naturforscher selbst zu dieser selbstverständlichen Einsicht in den beschränkten Geltungswert ihrer „Gesetze“ gelangt. Ein Naturgesetz besagt nach H. Poincaré: „Wenn diese Bedingungen erfüllt sind, ist es wahrscheinlich, daß dieses Ereignis ungefähr eintritt“¹⁹⁾. Nach F. Exner sind Naturgesetze „nichts anderes als der Ausdruck für das wahrscheinlichste, durchschnittliche Resultat zahlreicher mikroskopischer Vorgänge“²⁰⁾. Nernst²¹⁾ spricht von einer „logischen Überbeanspruchung der Naturgesetze“ und meint, „daß alle unsere Naturgesetze wesentlich statistischen Charakters“ sind und „nur befriedigend genaue statistische Mittelwerte liefern“. Hans Reichenbach erklärt²²⁾: „Es ist nicht so, daß wir strenge Gesetze unmittelbar in der Natur finden; vielmehr ist jede einzelne Naturaussage nur mit einer beschränkten Genauigkeit, also nur mit einem Wahrscheinlichkeitsanspruch zu machen . . .; der approximative Charakter aller Naturerkenntnis wird also in den Vordergrund gestellt . . .“ Durch Boltzmann und Planck²³⁾ ist dann der etwas mißverständliche Ausdruck der „statistischen Gesetzmäßigkeit“ aufgekommen, neben der Planck merkwürdigerweise aber noch eine „echte“ Gesetzmäßigkeit, also doch wohl eine mit dem Anspruch auf Notwendigkeit ausgestattete Gesetzmäßigkeit in den sogenannten „dynamischen“ Gesetzen gelten lassen will, offenbar ein rudimentäres Glied aus einer metaphysischen Vergangenheit.

Der richtige Gegensatz ist nicht: statistische und dynamische Gesetzmäßigkeit (da die sogenannte statistische Gesetzmäßigkeit gar keine Gesetzmäßigkeit im eigentlichen Sinne ist, übrigens auch nicht kausales und statistisches Weltbild (da das Problem der Kausalität bei den hier erörterten Fragen gar nicht berührt wird), sondern: Gesetzmäßigkeit = Notwendigkeit und Wahrscheinlichkeit (für deren Grad man einen statistischen Ausdruck findet).

Es bleibt also dabei: das Wesen der Natur ist für die Wissenschaft unerkenntbar. Fast kindlich mutet der Glaube an, daß wir durch die unerhörten Entdeckungen der letzten Jahrzehnte diesem Wesen auch nur einen Schritt nähergekommen seien. Man weiß jetzt (bis auf weiteres), daß in einem Atom negativ geladene Elektronen kreisen, daß das Licht elektrische Wellen sind, daß die Aussendung von Strahlen diskontinuierlich und nicht kontinuierlich erfolgt. Aber jede neue Entdeckung bedeutet doch die Erschließung neuer Wunder: hinter dem sichtbaren Spektrum fand man die Ultrastrahlen, dahinter die Röntgen-

¹⁸⁾ W. St. Jevons, The Principles of Science, Ed. 1900, pag. XI.

¹⁹⁾ H. Poincaré, Der Wert der Wissenschaft, 3. Aufl. 1921, S. 187.

²⁰⁾ F. Exner, Vorlesungen über die physikalischen Grundlagen der Naturwissenschaften, 1919, S. 691.

²¹⁾ W. Nernst, Gültigkeitsbereich der Naturgesetze, 1921.

²²⁾ Hans Reichenbach, Das Kausalproblem in der gegenwärtigen Physik, Ztschr. angew. Chem. 42, 121 [1929].

²³⁾ M. Planck, Dynamische und statistische Gesetzmäßigkeit, 1914.

strahlen, dahinter die γ -Strahlen. Und was „weiß“ man von ihnen? Daß jede Art um einige „Oktaven“ höher liegt, das heißt rascher schwingt als die vorhergehende. Das heißt: man weiß gar nichts mehr, aber man kann einen immer größeren Teil der Natur berechnen. Auflösung der Natur in Zahlen: das ist der „Sinn“ der modernen Naturwissenschaft. Und nur auf Grund einer pythagoreischen Metaphysik könnte man zu der Annahme kommen, daß man damit den „Sinn“ der Welt erschlossen habe. Einstweilen „mißt“ man im Unendlich-Kleinen wie im Unendlich-Großen. Man mißt den Umfang der Himmelskörper, man mißt ihre Schwere, man mißt ihr Alter, man mißt ihre Strahlungen, man mißt schließlich die Zahl der Sterne und die Zahl der Elektronen und stellt fest, daß das Weltall 10^{78} Elektronen faßt und der Weltumfang 100 Millionen Lichtjahre groß ist und stellt die Proportion auf: Atom: Stein = Stein zur Erde = Erde zum Weltall. Und das Ergebnis?

„Geheimnisvoll am lichten Tag,
Läßt sich Natur des Schleiers nicht berauben,
Und was sie deinem Geist nicht offenbaren mag,
Das zwingst du ihr nicht ab mit Hebeln und mit
Schrauben.“

Diese Einsicht, die den Faust zur Verzweiflung brachte: „daß wir nichts erkennen können“, ist heute bei allen maßgebenden Naturforschern verbreitet, die alle das Erbe der Newtonschen Weisheit angetreten haben. Newton hat den richtigen Standpunkt des Naturforschers ein für allemal festgelegt in den klassischen Worten²⁴⁾: „Hactenus phaenomena coelorum... per vim gravitatis exposui, sed causam gravitatis nondum exposui. Oritur utique haec vis a causa aliqua... Rationem vero harum gravitatis proprietatum ex phaenomenis nondum potui deducere et hypotheses non fingo. Satis est, quod gravitas revera existat et agat secundum leges a nobis expositas... Attamen gravitatem corporibus essentiali esse minimo affirmo.“ „Caveat lector, ne... cogitet, me speciem vel modum actiones causam aut rationem physicam alicubi definire vel centris (quae sunt puncta mathematica) vires vere et physice tribuere, si forte aut centra trahere aut vires centrorum esse dixerit.“

Drei Stimmen einiger hervorragender Naturforscher der neueren Zeit, die dasselbe ausdrücken, seien noch mitgeteilt:

Robert Mayer²⁵⁾: „Was Wärme, was Elektrizität usw. dem inneren Wesen nach sei, weiß ich nicht, so wenig als ich das innere Wesen der Materie oder irgendeines Dinges überhaupt kenne; das weiß ich aber, daß ich den Zusammenhang vieler Erscheinungen viel klarer sehe, als man bisher gesehen hat.“

Kirchhoff²⁶⁾: „Aus diesem Grunde stelle ich es als die Aufgabe hin, die in der Natur vor sich gehenden Bewegungen zu beschreiben.“

Hans Reichenbach²⁷⁾: „Darum bedeutet Wahrheit für die Naturwissenschaft nicht Übereinstimmung mit dem Ding — das wäre eine unmögliche

²⁴⁾ J. Newton, Scholium generale am Schlusse der Principia; in der Ausgabe: Philosophiae naturalis principia mathematica; ed. tertia 1726, pag. 380 und 389. Vgl. auch def. VIII.

²⁵⁾ Rob. Mayer, Kleinere Schriften und Briefe, 1893, S. 180, 181.

²⁶⁾ P. Kirchhoff, Vorlesungen über Mechanik, 1876.

²⁷⁾ Hans Reichenbach, Der gegenwärtige Stand der Relativitäts-Diskussion im Logos, Bd. X, 1922, S. 348.

Forderung —, sondern innere Widerspruchslösigkeit dieses Begriffssystems.“

Besonders leidenschaftliche Vertreter dieses strengen Nominalismus in den Naturwissenschaften sind die neueren französischen Naturforscher, die wohl alle durch Boutroux und Bergson beeinflußt sind²⁸⁾.

Für diesen Verzicht auf Wesenserkenntnis hat nun aber die Naturwissenschaft einen wertvollen Vorteil eingetauscht: sie hat die Einsicht in die Regelmäßigkeit der identisch wiederkehrenden Fälle gewonnen. Die Einsicht aber enthält:

1. die Berechenbarkeit: „die Berechenbarkeit liegt nicht darin, daß eine Regel befolgt würde oder einer Notwendigkeit gehorcht würde oder ein Gesetz von Kausalität von uns in jedes Geschehen projiziert würde, sondern liegt in der Wiederkehr identischer Fälle“²⁹⁾“;

2. die Vorausbestimmung durch Subsumtion;

3. die Allgemeingültigkeit. Und diese war ja das Ziel gewesen, das die Naturwissenschaft ihrem innersten Wesen nach hatte erreichen wollen und das sie eben mit dem Opfer der Wesenserkenntnis erreicht hat. Denn das vor allem gilt es einzusehen und sich einzuprägen: alle Wesenserkenntnis der Natur ist Metaphysik, das heißt: überschreitet die Erfahrung und ist nicht evident.

Nichts anderes hat uns ja im Grunde Kant beweisen wollen, dessen Standpunkt für alle Naturwissenschaft — aber auch nur für diese — der allein richtige ist. Und in klassischer Form hat dieser Auffassung Schopenhauer Ausdruck verliehen, wenn er sagt: „Jede echte, also wirklich ursprüngliche Naturkraft..., wozu auch jede chemische Grundeigenschaft gehört, ist wesentlich qualitas occulta, das heißt keiner physischen Erklärung weiter fähig, sondern nur noch einer metaphysischen, das heißt über die Erscheinung hinausgehenden“³⁰⁾“. Und „Die Ätiologie lehrt uns, daß nach dem Gesetz von Ursache und Wirkung dieser bestimmte Zustand der Materie jenen anderen herbeiführt, und damit hat sie ihn erklärt und das ihrige getan... Über das innere Wesen irgendeiner jener Erscheinungen erhalten wir aber dadurch nicht den geringsten Aufschluß: dieses wird Naturkraft genannt und liegt außerhalb des Gebiets der ätiologischen Erklärung... Die Kraft selbst, die sich äußert, das innere Wesen der mit jenen Gesetzen eintretenden Erscheinungen bleibt ihr ewig Geheimnis, ein ganz Fremdes und Unbekanntes, sowohl bei der einfachsten, wie bei der kompliziertesten Erscheinung...“³¹⁾“ Es ist uns ebenso unerklärlich, daß ein Stein zur Erde fällt, als daß ein Tier sich bewegt³²⁾“.

[A. 177.]

²⁸⁾ Siehe namentlich außer E. Boutroux, De la contingence des lois de la nature, 1874, und L'idée de la loi naturelle dans la science et la philosophie contemporaine, Deutsch 1907: H. Poincaré, Science et Hypothèse, 1902; Valeur de la Science 1905; Science et Méthode 1912. Sämtlich deutsch erschienen. Meine Zitate sind den deutschen Übersetzungen entnommen. — Vgl. Pierre Duham, La théorie physique 1906; Le système du monde (unvollständig), 5. Vol. 1913. Ferner die verschiedenen Aufsätze von Le Roy und die Übersicht bei Jourdan, Französischer Brief in „Probleme der Weltanschauung“, 1927, S. 479, 491.

²⁹⁾ F. Nietzsche, WW. (Großoktavausgabe), 15, 320.

³⁰⁾ A. Schopenhauer, Von der vierfachen Wurzel usw., § 20, 2. Aufl., S. 45.

³¹⁾ A. Schopenhauer, Welt als Wille und Vorstellung, 5. Aufl., 2, 116.

³²⁾ A. Schopenhauer, ebenda S. 148.