

Form und Funktion

Zur *morphologischen Fragestellung in den anorganischen Naturwissenschaften.*

Von Dr. Vinzenz Rűfner,
a. o. Professor der Philosophie.

Mehr als der Naturwissenschaftler in seiner praktischen Arbeit merkt, ist er in Methode und Fragestellung von philosophischen Voraussetzungen abhängig. Diese Tatsache zeigt sich oftmals erst dann in richtigem Lichte, wenn eine Methode restlos zu Ende gedacht ist. Dies können wir heute von der klassischen Physik seit Galilei und Newton sagen. Sie ist in eine tiefe Krise geraten, die nichts anderes ist als die Krise der rein funktionalen Methode. Es beginnt sich etwas grundsätzlich Neues abzuzeichnen, das wir in den folgenden Zeilen andeutend kennzeichnen wollen.

1. Die klassische Physik und das deistische Weltbild.

Im Gegensatz zu den qualitativen Gegensätzen, mit denen die antik-mittelalterliche Naturwissenschaft arbeitete, hat die neuzeitliche Physik die Qualitäten auf quantitative Intensitäten zurückgeführt, also die Qualitäten einer exakten Messung zugänglich gemacht. Dadurch wurde es möglich, in steigendem Maße alle *subjektiven Empfindungsqualitäten auszuschalten* und sie durch objektive, nachkontrollierbare Quantitäten zu ersetzen. Nicht die Qualitäten lau und warm interessieren den Physiker, sondern die Änderung des Bestandes an Kalorien. Es wird nicht die rote und grüne Farbe untersucht, sondern es werden die Meßzahlen der Lichtschwingungen festgestellt. Solche quantitativen Verhältnisse sucht der Physiker selbst dort noch auf, wo unser subjektiv-menschlicher Aufnahmeapparat versagt und direkt nichts mehr von derart bewegter Materie merkt, wie dies im Ultraschall und bei der ultraroten und ultravioletten Strahlung der Fall ist. Es kümmert die Physik dabei wenig, daß der Mensch nur innerhalb engster Grenzen subjektiv aufnahmefähig ist für die Vorgänge in der Außenwelt. Es ist ja gerade umgekehrt ihr Bestreben, diesen physiologischen Aufnahmeapparat des Menschen möglichst auszuschalten, da dieser durch seine Umformung der primären Gegebenheiten sich als ein unzuverlässiges Meßinstrument erweist, das allenfalls etwas über den Zustand des Subjekts, aber kaum etwas Genaues über die objektiven Verhältnisse auszusagen vermag.

Innerhalb dieses messenden Verfahrens hatte nun die *klassische Physik* seit Galilei und Newton gelehrt, wie man alle Vorgänge als *Bewegungen von Massen* begreifen kann, die *in der Zeit* verlaufen. Raum und Zeit waren hier die Bezugssysteme, auf die man das physikalische Geschehen mathematisch abtragen und objektiv festlegen konnte. Diese *Vorzugsstellung von Raum und Zeit* erklärt sich aus der allgemeinen Lage des Denkens, aus der heraus die klassische Physik ihre Grundaxiome formte. Es ist die von Newton aus der deutschen Mystik

(Böhme) übernommene Anschauung, daß der Raum nichts anderes sei als die Erscheinungsweise göttlicher Allgegenwart (omnipraesentia phaenomenon) und die Zeit nur die Erscheinungsweise der Ewigkeit (aeternitas phaenomenon). Innerhalb dieses umfassenden Gehäuses galt es, die Kräfte von einem festen Ausgangspunkte aus zu berechnen. Typisch für die weltanschauliche Lage, aus der die klassische Physik geboren wurde, ist auch die *Vorzugsstellung*, die das *Trägheitsgesetz* innehatte. Denn der Körper, der keinerlei Einwirkungen von außen unterliegt und seinen gegebenen Bewegungszustand unverändert beibehält, sich in gerader Linie mit gleichförmiger Geschwindigkeit weiterbewegt, ist der genaue Ausdruck der Welt, die vom Schöpfer einmal am Uranfang geschaffen, aber dann ihren eigenen Gesetzen überlassen worden ist. Wo ein solcher Körper zu finden wäre, der keiner äußeren Einwirkung unterliegt, sagt diese Voraussetzung nicht. Das Naturgeschehen sollte sich in stetigen Abläufen so gestalten, daß in gleichen Zeiten stets gleiche Strecken durchlaufen werden, wie es sich aus der Absolutheit von Raum und Zeit ergibt. So konnte die Welt zu einem ungeheuren System von Massenpunkten werden, deren ausschließliche Eigenschaft die Trägheit war.

Das 19. Jahrhundert hat den *metaphysischen Hintergrund* dieser Lehren vergessen. Es glaubte mit der Berechnung der anziehenden und abstoßenden Kräfte in Raum und Zeit völlig auszukommen. Der Geist, den Laplace in seinem bekannten Essay über die Wahrscheinlichkeiten zitierte, spiegelt diese Lage getreulich wider. Denn eine solche allumfassende Intelligenz, der in einem gegebenen Augenblick die Massenverteilung innerhalb des Universums und ihr Bewegungszustand bekannt wären, wäre in der Lage in einem freilich ungeheuer komplizierten System von Differentialgleichungen alles Geschehen von Vergangenheit und Zukunft mit exakter Genauigkeit zu berechnen. Ob nun diese vorausgesetzten Gesetze der *Massenverteilung* allüberall gelten, wurde nicht gefragt. Ja, es erschien der Zweifel daran als widersinnig, da Vorgänge, die eine strenge Gültigkeit von Trägheit und Gravitation nicht mehr als absolut erscheinen ließen, nicht bekannt waren. Zusammen mit dem Satz von der *Erhaltung der Energie* schienen damit alle Grundlagen für das physikalische Geschehen gegeben zu sein. Zum *Energiesatz* müssen wir als weitere Kennzeichnung der Lage der Physik des 19. Jahrhunderts noch das *Entropiegesetz* hinzunehmen. Auch hier liegt eine höchst charakteristische weltanschauliche Voraussetzung zugrunde, nämlich die Hypothese der elementaren Unordnung der Molekulargeschwindigkeit. Ob dies auch für tiefe Temperaturen gilt, wurde damals nicht in Betracht gezogen. Im Zusammenhang mit der deistischen Voraussetzung des sich selbst überlassenen Systems wurden aus diesen statistischen Wahrscheinlichkeitsgesetzen außerordentlich weittragende Folgerungen gezogen. Denn die freie Energie eines beliebigen Systems, das sich selbst überlassen ist¹⁾, sinkt in hinreichend langer Zeit auf immer kleinere Beträge herab. Der Wärmetod des Universums schien die unausbleibliche Folgerung zu sein. Die Stetigkeit aller Vorgänge in Raum und Zeit ist hier ebenso vorausgesetzt, wie die gegenseitige Durchdringung aller Wirkungen zu einem System mit einem strengsten Determinismus gekoppelt war. Stetigkeit bis ins Unendliche hinein ist aber ein innerer Widerspruch zum Systemgedanken. Denn Systematik bedeutet Ordnung; die kontinuierlich abnehmende bzw. zunehmende Stetigkeit müßte zur prinzipiellen

¹⁾ Man beachte auch hier den deistischen Einschlag.

Unordnung im Mikro- wie im Makrogeschehen hinführen. Die positivistische bzw. neukantianische Unterbauung der physikalischen Lehren schien dies in der Tat zu fordern. Freilich, einer wirklich strengen Systematisierung war in keiner Weise Genüge getan: Die Verbindung zwischen Mechanik, Akustik und Wärmelehre einerseits und der Strahlungslehre andererseits war nicht herzustellen. Die Zurückführung des Elektromagnetismus auf die Grundprinzipien der Mechanik war nicht geglückt. Gleichwohl war es das Ziel, alle Phänomene auf Zustände von solchen Gebilden zurückzuführen, die sich im dreidimensionalen euklidischen Raum und in einer eindimensionalen Zeit befinden. Dahinter steckt die grundsätzliche Annahme, daß auch alles Nichtwahrgenommene in den Grundzügen dieselben Eigenschaften haben müsse wie die uns in der Wahrnehmung zugängliche Welt. Diese Lehren waren bestechend wegen ihrer Einfachheit, aber sie waren, wie wir heute sagen müssen und wie es schon immer aufgrund philosophischer Erwägungen insbesondere in der Kritik des Positivismus zutage getreten ist, in weitem Umfange eben — falsch.

2. Die Krise der positivistischen Methode.

Punkt um Punkt ist seit der Entdeckung der Röntgenstrahlen (1895), der Radioaktivität, der Ausbildung der Feldphysik und der Erforschung der Atomstruktur dieses „Weltbild“ zurückgedrängt worden. Es hat einem viel bescheideneren, aber sachlich richtigeren Bilde vom Aufbau des Stoffes und nicht mehr der gesamten Welt weichen müssen, in welchem das cm-g-sec-System nur noch einen zwar nicht unwichtigen, aber längst nicht mehr den alles beherrschenden Platz einnimmt.

Die passive, sich selbst überlassene Welt, die lediglich Druck und Stoß gehorcht, ist nicht mehr unsere Welt. Das isolierte Atom im unendlichen Raum hat dem geordneten elektromagnetischen Feld und seiner Struktur weichen müssen. Die vorausgesetzte elementare Unordnung ist durch Prinzipien der Ordnung ersetzt worden. Die Stetigkeit hat einer Annäherung an die teleologisch bestimmte Ganzheit Platz gemacht. Die reine Funktionsbetrachtung, letzten Endes beruhend auf der Wahrscheinlichkeit korrelativer Vorgänge, muß durch eine Ordnungsbetrachtung ergänzt werden. Das Bewußtsein der Begrenztheit der klassischen Physik hat somit viele neue Aufgaben sichtbar werden lassen.

Es hat sich zunächst erwiesen, daß es einen objektiven, d. h. von jeder Beobachtung unabhängigen Ablauf der Ereignisse in Raum und Zeit einfach nicht gibt; denn es ist unmöglich von einem schlechthin beharrenden Bezugskörper auszugehen. Eine absolut ruhende Stelle, an der ich das Metermaß gleichsam ansetzen könnte, existiert nicht. Daher sind in der Relativitätstheorie die in der klassischen Physik als unabhängig angesehenen Ordnungsschemata von Raum und Zeit gefallen. Auch in der Kantischen Fassung wird die Vorrangstellung von Raum und Zeit als angeblich a priori uns mitgegebener Ordnungs- und Anschauungsformen unhaltbar; denn Kants Lehre war ja nur die anthropologisch gewendete Metaphysik Newtons gewesen. Nach den Ergebnissen der speziellen Relativitätstheorie wird Newtons „tempus absolutum quod aequabiliter fluit“ grundsätzlich undenkbar. Es gibt keine von einem Orte und seinem Bewegungszustande unabhängige Zeit mehr. In jeder Zeitberechnung muß die relative Geschwindigkeit des Raumpunktes mitberücksichtigt werden. Die Berufung auf einen absolut ruhenden Raum im euklidischen Sinne wird unvollziehbar. Die Metrik von Raum und Zeit wird

von der Verteilung der Materie abhängig. Dadurch hat sich — für die klassische Physik ganz undenkbar — als oberste Grenze der Geschwindigkeit die Lichtgeschwindigkeit ergeben. Die alten Sätze über die nach dem Parallelogramm der Kräfte zusammensetzbaren Geschwindigkeiten verlieren bei höchster Geschwindigkeit ihre Geltung. Raum und Zeit werden zu Ordnungsgebilden. Auch Masse und Energie werden auf Grund der allgemeinen Relativitätstheorie ineinander umrechenbar. Werden nun aber dadurch alle Vorgänge etwa weniger deutlich feststellbar im Sinne eines Relativismus? Nichts wäre bekanntlich verkehrter als eine solche Meinung; denn viel eindeutiger als früher wird den einzelnen Komponenten der materiellen Welt jeweils ein Zahlenwert zugeordnet. Die *Seinsordnung* ist *mathematisch eindeutiger*, klarer, durchsichtiger, wenn auch für naive Einstellung *unanschaulicher* geworden. Die menschliche Vorstellungswelt hat sich für die tatsächliche Seinsordnung als viel zu eng erwiesen. Und vom Menschen her war doch die klassische Physik bis in ihre Metrik hinein geformt worden. Auch die Vorzugsstellung des *Trägheitsgesetzes* ist verschwunden. Trägheit und Gravitation sind zu einer Einheit zusammengefaßt. Mechanik und Elektromagnetismus, einstens noch am Ende des 19. Jahrhunderts unverbundene Teilgebiete der Physik, sind wenigstens auf dem Wege zu einer einheitlichen Zusammenfassung in einer umfassenden Theorie. Die Physik hat sich noch mehr entsinnlicht, ist weniger anthropomorph, aber begrifflich klarer, ein weit durchsichtigeres Ordnungssystem geworden.

Man darf dabei nicht den Fehler machen, *Unanschaulichkeit* mit *Regellosigkeit* zu verwechseln. Die Orientierung ausschließlich am Makrogeschehen ist gefallen, ja sie mußte fallen, weil die Materie im subatomaren Gebiete nicht mehr im gleichen Sinne räumlich gegliedert ist, wie dies die klassische Raum-Zeitlehre angenommen hatte. Pläne, wie wir sie in unseren Maschinen von außen her an die Materie herantragen, reichen zum Verständnis der über alle anschaulichen Dimensionen hinausgehenden Verwickeltheit im Aufbau der Materie nicht aus, um so mehr als es sich dabei um Geschwindigkeiten handelt, die nahe an die Lichtgeschwindigkeit heranreichen.

Was uns allgemeinste theoretische Erwägungen zeigen, war nun in der Erforschung der Materie von sich aus schon im 19. Jahrhundert in einem stillen und kontinuierlichen Wachstum begriffen. Neben der streng atomistischen Voraussetzung eines gestalt- und formlosen Wirbels der Atome, neben den Zufallslehren des Darwinismus haben wir im 19. Jahrhundert als unbeachtete *Nebenströmung* die fortwährenden Überlegungen über die *inneren Beziehungen der Elemente* einherlaufen. Diese Fragestellung kam nicht aus der klassischen Physik, sondern wurde auf dem Gebiete der Chemie zuerst aufgeworfen. *Goethes morphologische Betrachtungsweise* war es, die den Anstoß gab. Sie ist durch die Arbeiten des Hallenser Gestaltkreises²⁾ bis in die neuesten Fragestellungen hinein höchst bedeutsam geworden. Goethes Formbetrachtung weist über *Leibniz* zur Formenlehre der Scholastik zurück, wie wir heute wissen. Unter Goethes Einfluß war es dem Jenaer Chemiker *Döbereiner* im Jahre 1826 aufgefallen, daß es gewisse Wahlverwandtschaften zwischen jeweils drei Elementen gibt, die sich ihrem Atomgewicht nach näherstehen. Aber die Versuche einer Ordnung der Atome nach dem steigenden — und damals noch sehr ungenau bestimmten — Atomgewicht scheiterten,

²⁾ Vgl. die von Wilh. Pinder, Wilh. Troll und Lothar Wolf herausgegebene Reihe „Die Gestalt. Abhandlungen zu einer allgemeinen Morphologie.“ Verl. Niemeyer, Halle (seit 1941).

ja sie trugen dem Engländer Newlands den Spott ein, es doch einmal mit einer Ordnung nach den Anfangsbuchstaben der Elemente zu versuchen³⁾. Erst als die Atomgewichte genauer bestimmt waren, wurde die heute im *Periodischen System* vorliegende Ordnung durch Mendelejeff und Lothar Meyer i. J. 1869 im Prinzip gefunden. Schritt um Schritt hat dann das hier vorliegende *Ordnungsproblem* die Forschung befruchtet. Die Problemstellung hat sich seit der Entdeckung der Radioaktivität immer mehr auf die Frage nach der *Struktur des Atoms* zugespitzt. Wir brauchen nur an die ganz außerordentliche Fruchtbarkeit der Zerfallshypothese zu denken, an die Atommodelle seit Rutherford (1911), die die Bestätigung von Prouts kühner Hypothese von 1815, daß alle Elemente letzten Endes irgendwie aus dem Wasserstoff als Kern bestehen, gebracht haben, ferner an die Isotopenforschung, an die Einführung des Schalenprinzips und die Bedeutung, die die *Quantelung der Energie* innerhalb der Mikrophysik erlangt hat. Alle Energie, sei dies nun Wärme oder Licht oder Elektrizität, tritt nach Max Plancks grundlegender Entdeckung vom Jahre 1900 niemals in kontinuierlichen Strömungen auf, sondern immer nur in Vielfachen eines kleinsten Quantums, das proportional der Schwingungszahl der jeweiligen Strahlung ist. Die Wichtigkeit dieser Feststellung war anfangs noch nicht zu überschauen. Sie hat jedoch ein weiteres Kernstück der klassischen Physik zurückgedrängt, nämlich das Prinzip der *Stetigkeit*, dessen Verknüpfung einerseits mit der Unendlichkeit, andererseits mit der sinnlichen Anschauung offensichtlich ist. Damit ist erwiesen, daß es im Kleinen nicht immer noch ein Kleineres und im Großen nicht immer noch etwas Größeres geben kann, daß man also m. a. W. nicht von einer gegebenen Größe ins Unendliche weiterschreiten kann. Ferner ist die Meinung überwunden, daß wir in der Stetigkeit und Kontinuität unserer sinnlichen Anschauung tatsächlich ein Bild der wirklichen Vorgänge vor uns haben könnten. Das Stetigkeitsprinzip der klassischen Physik versagt hier, und der Satz: „Natura non facit saltus“ hat sich mindestens für das Mikrogesehen als nicht mehr gültig erwiesen. Hier sind Gefügebeziehungen wirksam, die den Zustand eines Einzelteils, wie z. B. eines Elektrons in seiner Bahn (nach dem Prinzip von Pauli) vom Zustand des Ganzen her bestimmt sein lassen. Wir wissen heute um den mit steigendem Atomgewicht mehr und mehr sich komplizierenden Bau der Atome, um ihre Kernladungen und die in verschiedenen Ringen oder Schalen den Kern in elliptischen Bahnen umkreisenden Elektronen. Während man früher vor der qualitativen Änderung der Eigenschaften der Elemente, die zu Bestandteilen einer chemischen Verbindung geworden waren, wie vor einem Rätsel stand, sind wir der Lösung dieser Frage durch die Erkenntnis von der jeweils nur in der äußersten „Schale“ veränderten Struktur des Atoms näher gekommen. Der *Mannigfaltigkeitsgrad des atomaren Gefüges* steigt nun mit dem Atomgewicht an. Die gleiche Kernladung, von der bekanntlich die Platznummer im Periodischen System abhängt, kommt auch bei ganz verschiedenem Bau des Kerns zustande. Ja, die Komplikation innerhalb der Kernstruktur, dieser nächsten Aufgabe der Forschung, ist möglicherweise nicht minder groß als die der makromolekularen Verbindungen, die uns einen ersten Blick in das Gefüge in der Richtung hin zum organischen Leben haben tun lassen. Wir wissen bereits, daß die Isotopen durch die Zahl der elektrisch neutralen Bestandteile, der sog. Neutronen innerhalb der Kernladung, voneinander verschieden sind. Mit den Neutronen hängt auch die Stabilität bzw. der leicht herbeizuführende Zerfall der

³⁾ Vgl. E. v. Meyer, *Geschichte der Chemie*, 1905, S. 331 f.

Atome zusammen. In den Forschungen, die zur Atombombe hingeführt haben, hat sich gezeigt, daß bei dem Zerfall, der durch die sprengende Wirkung der Neutronen herbeigeführt wurde, gewaltige Energien frei werden. Ferner ist der Aufbau künstlicher, wenn auch gänzlich instabiler Elemente bis zur Platznummer 97 gelungen, ja wir sind bis zu dem Punkte vorgedrungen, wo Materie in Energie sich verwandelt und umgekehrt.

Eine weitere Vermutung tut sich hier auf: Es ist möglich, daß den *instabilen Isotopen* eine erhebliche Bedeutung beim Aufbau der *lebendigen Welt* zukommt, daß sich hier jeweils arttypisch gesteuerte Kettenreaktionen katalytischer Natur nachweisen lassen. Diese verwandeln die Stoffe möglicherweise derart, daß sie zu Bestandteilen des lebendigen Organismus werden können; denn die Stoffe werden innerhalb des Lebendigen anders gesteuert, nicht aber ihre Kräfte aufgehoben oder durch Gegenkräfte vernichtet, wie der ältere, heute längst überwundene Vitalismus glaubte. P. Jordan hat schon 1938 (in den „Naturwissenschaften“) darauf hingewiesen, daß innerhalb des Lebensgeschehens oft nur ein einziges Lichtquant genügen kann, um eine ganze Kettenreaktion in ihrer eigenartigen Steuerung in Gang zu setzen. Damit sind wir dem, was der Biologe als „Entelechie“ auf höherer Ebene begreift, auch physikalisch näher gekommen. Die vorwärts treibende Fragestellung muß hier von beiden Seiten, sowohl von den anorganischen wie auch von den organisch-biologischen Naturwissenschaften herkommen⁴⁾. In beiden Fällen ist ohne Ganzheitsbetrachtung, d. h. ohne Berücksichtigung der Gesamtstruktur kein Fortschritt möglich.

Von der morphologischen Betrachtungsweise aus gesehen, bedarf daher der *neuzeitliche Materiebegriff* einer *Revision*. Denn der falsche Materiebegriff der anorganischen Naturwissenschaften ist es in erster Linie, der die scheinbar unüberbrückbare Kluft zwischen Vitalismus und Mechanismus aufgerissen hat. Im Grunde hat die neuzeitliche Naturwissenschaft nicht mehr danach gefragt, was Materie eigentlich ist. Sie hat sie als ein unförmiges bzw. kugelförmiges Massenklotzchen seit der Erneuerung der antiken Atomistik durch Gassendi, Descartes und Hobbes angesehen und lediglich die an irgendwelchen Materiemassen auftretenden Kräfte berechnet. Es ist aber fraglich geworden, ob die Materie wirklich lediglich mechanischen Gesetzen gehorcht. Vielmehr sind es sich jeweils gestaltende Ordnungsbeziehungen, die sich in neuester Forschung abzeichnen. Anfangs- und Endzustand der Elektronensprünge sind jeweils gekoppelt. Von ordnungs-freien, wahllosen Bewegungen ist keine Rede mehr. Das Problem der Teleologie, d. h. hier der sinnvollen Steuerung des Anfangszustandes im Hinblick auf den späteren Effekt wird durch die Quantenphysik wiederum zum Problem. Dadurch wird die Natur weit mehr individualisiert, was sich ja auch aus dem sog. Pauliverbot, d. h. der Regel ergibt, daß zwei Elektronen niemals in allen vier möglichen Quantenzahlen übereinstimmen, sondern daß der Zustand eines Teils des Atoms (d. h. des Elektrons) stets durch das Atomganze bestimmt ist. Mag uns dabei die Natur auch nicht den Gefallen erweisen, mit den einfachen Mitteln der gewöhnlichen Sinnesanschauung (und der damit verbundenen euklidischen Geometrie) mit allen Problemen fertig zu werden, *eines* hat sich als sicher herausgeschält: Das *Quantenprinzip* ist ganz offensichtlich an sich ein *Prinzip der Ordnung* und nicht der „elementaren Unordnung“⁵⁾, wie dies der Entropiesatz des

⁴⁾ Vgl. Bernh. Bavink, *Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaften*. 6. Aufl. 1940. S. 462 ff.

⁵⁾ B. Bavink, a. a. O. S. 287.

19. Jahrhunderts ausdrücklich zur Grundlage hatte. Mag diese Ordnung auch eine jeweils sich erst herausbildende sein, sie zu leugnen wäre nur unter offensichtlicher Verkennung dieser Tatsachen möglich. So wird nicht die in Unordnung der letzten Teile einfachhin gegebene, sondern die in ein Ordnungsgefüge gleichsam hineinwachsende Materie zur Grundlage der Forschung. Materie ist also nicht länger mehr die Unsumme von starren Wirklichkeitsklötzchen, die, einmal in Schwung versetzt, sich nur noch dem Druck äußerer Faktoren in Trägheit fügen, sondern Materie ist letzten Endes niederste, im Zustand des Werdens beobachtbare Ordnung energetischer Zustände, ganz gleich ob diese uns nun „materiell“ im üblichen Sinne handgreiflicher Realität greifbar werden oder nicht. Materie ist also sowohl Welle wie auch Korpuskel, wie es uns *Louis de Broglie* herausgearbeitet hat⁶⁾.

Alles *natürliche Geschehen* ist daher nicht bloß eine Verschiebung von Kräften, sondern primär ein *Wandel* der jeder Substanz zukommenden *Struktur*. Denn es gibt keine Substanz, der nicht ein formendes Prinzip innewohnt. Substanz und innere Struktur werden uns daher wieder in dem alten, noch von *Leibniz* festgehaltenen Sinne identisch. Es wäre gut, diese innere Formung nur dort, wo sie auch in der Anschauung im dreidimensionalen Raum faßbar wird, mit dem Namen der *Gestalt* zu bezeichnen, im übrigen aber zu beachten, daß es in erster Linie die innere Struktur ist, auf die es ankommt und nicht die äußere Gestalt, die uns auf den Gebieten der Biologie, der Psychologie, der Mathematik und der Kunst anschaulich gegenübertritt; denn die Natur ist sicherlich reicher, als dies unserer beschränkten Sinnlichkeit, die ein sehr begrenzter physikalischer Aufnahmeapparat ist, prinzipiell zugänglich ist. Der Gestaltbegriff ist daher auf die wirklich äußeren Merkmale zu beschränken; zumeist handelt es sich ja gar nicht um äußere Gestalten, sondern um innere Ordnungsbeziehungen.

Das abgeschlossene System der klassischen Physik muß daher einer weit mehr *labilen Ordnung*, die als solche jeweils wieder gestört und in Unordnung übergeführt werden kann, weichen. Der Zustand eines Systems kann nun einmal im klassischen Sinne nicht vollständig bestimmt werden. Die Möglichkeit einer restlosen Berechnung beschränkt sich auf diejenigen Bestimmungsstücke eines Systems, die mit den bekannten Stücken in einem eindeutigen Zusammenhange stehen. Der Gedanke einer völlig abgeschlossenen Systematik, wie er dem Kausalbegriff der strengstens determinierten Physik des 19. Jahrhunderts zugrunde lag, ist daher nicht mehr aufrecht zu erhalten. In radikaler Weise hat dies *Hermann Weyl* (Raum, Zeit, Materie⁵ 1923, S. 286) in die Worte gefaßt: Für das Kausalitätsprinzip in dem Sinne, daß der Zustand der Welt in einem Querschnitt X gleich einer *konstanten Größe* Vergangenheit und Zukunft determiniert, „liefert die heutige Physik, das muß einmal klipp und klar gesagt werden, keinen Beleg mehr. Die Gesetzmäßigkeit, nach welcher die Materie Wirkungen auslöst, ist, soweit wir heute beurteilen können, nur statistisch zu beschreiben.“ Alle *Statistik* aber kann die inneren Ordnungsbeziehungen nie in Sicht bekommen. Denn das statistische Verfahren dringt nie zum Verständnis geordneter Ganzheit im einzelnen vor. Es bleibt lediglich bei zähl- und meßbaren Äußerlichkeiten stehen. Wenn wir bedenken, daß alle unsere Gesetze der klassischen Physik und ihre Weiterformung im 19. Jahrhundert lediglich grobe, durchschnittliche Zusammenfassungen einer ungeheuren Anzahl von Einzelvorgängen waren, deren tatsächlichen Ablauf man gar nicht erforscht hatte, bzw. nicht erforschen konnte, so ergibt sich daraus, daß die makro-

⁶⁾ Vgl. L. de Broglie, Licht und Materie. 1940.

skopischen Naturgesetze, wie sie die klassische Physik feststellte, nur statistische Regeln über die Verteilung der ungeheuer kleinen Quanten darstellen. Wegen der ungeheuer großen Anzahl der dabei in Frage kommenden kleinsten Teile konnte man es zu außerordentlicher Genauigkeit bringen, wie das bei allen statistischen Regelmäßigkeiten der Fall ist. Aber gerade deshalb gelten diese *Regeln* nicht über einen *durchschnittlichen Bereich* hinaus. Man sieht das ganz typisch am zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie. Er gilt nur für gewöhnliche Verhältnisse, trifft aber z. B. in der Nähe des absoluten Nullpunktes nicht mehr zu. Auch die Gesetze von Druck und Temperatur haben sich als statistische Durchschnittswerte der Bewegungsenergien einer sehr großen Anzahl von Molekülen erwiesen. Ebenso handelt es sich bei der Schallfortpflanzung, bei Kraftübertragungen, beim Gasdruck usw. um statistische Zusammenfassungen, die zwar im Groben exakte Durchschnittswerte auf Grund einer Unzahl von Einzelfällen liefern, deren Verfolgung bis ins Einzelne aber keineswegs eine kontinuierlich sich ändernde Gesetzlichkeit erkennen läßt. Daher ist, auch von diesem Gesichtspunkt her gesehen, das Grundprinzip der Kontinuität aller Vorgänge keineswegs mehr im klassischen Sinne festzuhalten. Es gibt, wie Heisenbergs „Unbestimmtheitsrelation“ feststellt, keine Konvergenz der Messungsgenauigkeit gegen die absolute Gewißheit. Wir treffen auch hier eine unterste, nicht mehr unterschreitbare Grenze an.

3. Das Formproblem im Molekularverband.

Eindeutiger als im schwierigen subatomaren Gebiete ist das Formproblem im Bereich der molekularen Verbindungen. Auch hier hat sich erwiesen, daß die bisher gewonnenen empirischen Summenformeln unzureichend sind. Schon längst ist ja auf Grund von Überlegungen über innere Formbeziehungen in der organischen Chemie das Riesengebiet der Kohlenstoffverbindungen aus wenigen Elementen aufgebaut worden. Reine Summenformeln hätten uns keine Aussage liefern können über die Stellung der Atome zueinander, wenn sie zu einem Gesamtverband zusammengefügt werden. Strukturtheoretische Überlegungen sind die Grundlage für die Erklärung der Dissoziation und der intramolekularen Verlagerung, ferner für die innere Systematik der polymorphen Modifikationen einer strukturchemisch einheitlichen Substanz und ganz und gar für die Gliederung der morphologisch miteinander verwandten Formen bei strukturverschiedenen oder konfigurativen verschiedenen Substanzen. Wie grob erscheint doch demgegenüber die klassisch-chemische Betrachtungsweise von ehemals, die ihre Schlüsse vorwiegend aus den bloßen Reaktionen der Kräfte bei artverschiedenen Molekülarten abgeleitet hatte, die feineren Unterschiede artverwandter Moleküle aber nicht erfassen konnte. So ist hier die chemische Formel einer Untersuchung über die innere Form gewichen und hat uns tiefere Einblicke in die Struktur der Materie vermittelt⁷⁾. Durch die Feststellung der Konstitutionsformel wird die Bindungsart der im Molekül enthaltenen Atome genau wiedergegeben. Dadurch ist es möglich, „das physikalische und chemische Verhalten einer organischen Verbindung weitgehend vorauszusagen“. Bei den makromolekularen Verbindungen genügt es nicht, bloß die Größenbeziehungen zu kennen, um die physikalischen Eigenschaften vorauszusagen, sondern diese sind „ganz wesentlich auch von ihrer Gestalt beeinflusst“, wie der erste Fachmann auf dem Gebiete der makromolekularen Verbindungen

⁷⁾ Vgl. C. Weygand, Form und Formel in der organischen Chemie. Zeitschr. f. d. ges. Naturwissenschaft I, 322 ff.

H. Staudinger (Über makromolekulare Chemie, Forsch. u. Fortschr. 1940, 35/6) sagt. Es ist angesichts dieser Ergebnisse darum auch nicht mehr zu verwundern, daß in diesen *Symmetriefragen* die *platonischen regelmäßigen Körper* wieder aufgegriffen werden. Wir zitieren wegen der prinzipiellen Bedeutsamkeit, mag sie nun mehr bloß richtungweisend oder bereits symptomatisch für den Stand der Erkenntnisse sein, die folgende Stelle aus der „Theoretischen Chemie“ von K. L. Wolf (Bd. I, 1941, S. 23 f.) in ihrem vollen Wortlaut: „Dem räumlichen Aufbau der Moleküle liegt ein Streben zu höchster Symmetrie zu Grunde, demzufolge bei Molekülen, welche die Möglichkeit zu räumlicher Ausdehnung haben, die als platonische Körper bekannten regelmäßigen Formen des Tetraeders, Hexaeders, Oktaeders, Pentagondodekaeders, Ikosaeders, die schon in Platos Atomlehre einen entscheidenden Platz einnehmen, als die — den fast ausschließlich auftretenden Koordinationszahlen 4, 6, 8, 12 und 20 entsprechenden — Urbilder oder Typen erscheinen, welche den Bauplan bestimmen und die «innere Identität» der verschiedensten Moleküle und Molekülteile «bei größter Abweichung der äußeren Gestalt» gewährleisten. Aus der Kugelsymmetrie der Edelgase und der Ionen «mit abgeschlossener Außenschale» entfaltet sich so im Bereich der Moleküle und Molekülaggregationen eine Wertigkeitsgeometrie, welche . . im «mikroskopischen» Bereich des Atoms und Moleküls die im Makrokosmos bestehende Harmonie widerspiegelt.“ Dort aber, wo die Anzahl der zu innerer Wirkeinheit zusammentretenden Moleküle nicht zur Bildung der Tetraedersymmetrie ausreicht, treten *ebene Symmetrieformen* in den Vordergrund (Wolf. I. c. I, S. 179, Anm. 53). Es handelt sich hier allüberall um Ordnungsganzheiten, nicht bloß um summenhaft feststellbare Wirkungen, mithin um eine genauere Erfassung des Seins. Während die kausalgenetische Fragestellung über die Beschaffenheit im Einzelnen hinwegsieht, die Grade der Ähnlichkeit bzw. Unähnlichkeit im Sein unter Umständen überhaupt nicht erfaßt, sondern nur die von den verschiedensten Formen und Gebilden gleichartig ausströmenden Kräfte mißt, dringt offenbar die morphologische Frage tiefer ein, untersucht das Sein viel genauer, da sie nicht bloß das Dasein, sondern auch die Ursache der Formen in ihre Frage miteinbezieht.

4. Neue methodische Prinzipien.

Die mechanische Naturerklärung hatte seit den Tagen des *Descartes* auf alle Gebiete übergreifen. Sie glaubte mit ihrer mechanischen Berechnung auf Grund der verständigen Klarheit alle Probleme meistern zu können. Insbesondere waren es die Gebiete des Lebens und der Seele, die auf solche Weise in die mechanisch ablaufenden Geschehnisse miteinbezogen wurden. Alles Lebendige, ja darüber hinaus auch alles Seelisch-Geistige schien nur noch ein Sonderfall und ein Randgebiet der Physik zu sein.

Diese Methode aber setzt eine ungeordnete Welt voraus, eine Welt, die erst durch das Tun des Menschen Sinn, Ordnung und Gestalt erhält. An diesem Punkte sehen wir den Gesamtzusammenhang von neuzeitlicher Philosophie und neuzeitlicher Naturwissenschaft, d. h. genauer gesprochen: der Periode seit der Renaissance bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts. Sie ist gekennzeichnet durch das seit dem Ende des Mittelalters immer stärker werdende Prinzip, daß alle Wahrheit nur der schöpferischen Tat des Menschen zu verdanken sei, daß es der Mensch erst sei, der durch seine Wissenschaft Sinn und Ordnung in das Sein

hineinlege. Man kann geradezu alle grundlegenden Prinzipien der neuzeitlichen Physik aus dem Bestreben ableiten, die Formen dem Seienden erst aufzuprägen, um eben dadurch die Welt nach menschlicher Vernunft zu beherrschen. Alle tragenden Begriffe, wie Unendlichkeit, Stetigkeit, die analytische und synthetische Methode, das Trägheitsprinzip, das Ausgreifen nach der im Bereich großer Zahlen immer strengeren Wahrscheinlichkeit und ihre Erklärung zu strengsten, unänderlichen Naturgesetzen, der angeblich strenge Determinismus und Materialismus: all das läßt sich von der Grundhaltung ableiten, daß das Seiende erst seine Ordnung durch die Tat menschlicher Vernunft finde. Man könnte dies ebenso von der reinen Philosophie her versuchen und die verschiedenen, oft weitgehend mit den empirischen Forschungen in Widerspruch geratenden Systeme beleuchten⁸⁾.

Die klassische Physik war mit ihren mechanistischen Lehren wesentlich an der sinnlichen Anschauung des Menschen orientiert. Es ist unsere äußere Welt des dreidimensionalen Raumes und unsere innere Welt der einsinnig und geradlinig ablaufenden, vom Erlebnis abstrahierten Zeit, in der sich alle Messungen vollziehen. Die Grundeinheiten der Messung, wie sie im cm-g-sec-System zum Ausdruck kommen, sind vom Menschen und seiner Erde aus willkürlich gewählt, vom Erdumfang und vom Erdkörper hergenommen. Die Physik ist über diesen Punkt heute hinausgeschritten. Es erhebt sich die Frage, ob sich nicht ein natürlicheres, aus den physikalischen Tatsachen selber entnommenes Maßsystem aufstellen läßt, das mit Konstanten arbeitet, die in der Natur selbst vorkommen, wie z. B. die Lichtkonstante und das Plancksche Wirkungsquantum⁹⁾.

Wir haben schon gesehen, wie in der Physik des 20. Jahrhunderts sich gewisse, immer noch anthropomorphe Züge der klassischen Physik mehr und mehr als unhaltbar erwiesen haben. Dies gilt nun insbesondere für das Ordnungsproblem. Physik und Chemie erheben sich nicht auf der Basis einer elementaren Unordnung, sondern sind niederste Ordnungsgebilde. Einer umfassenderen Sicht erscheinen sie daher als *Sonderfälle höherer Ordnungseinheiten*, wie sie in der Biologie greifbarer, offensichtlicher und der empirischen Anschauung weit zugänglicher gegeben sind. Die anorganischen Naturwissenschaften werden damit zu jenem Teilgebiet, das, was Formung betrifft, an der Grenze des lebendigen Seins faßbar wird. Insbesondere wird das rein messende Verfahren zu einem Grenzfall der morphologischen Betrachtung. Wir haben also hierin die Umkehrung der mechanistischen Deutung des Lebensproblems, für die das Lebendige zu einem Grenzfall der physikalisch-chemischen Mechanik geworden war. Nunmehr aber rückt das rein messende Verfahren, ohne dadurch auch nur im Geringsten an Bedeutung einzubüßen, an die zweite Stelle. Form und Bedeutung aber erhalten den Vorrang. Die Gleichbewertung aller Formen aber müßte in dieser neuen Methode ein Ende finden. Die cartesianische Philosophie ist nicht mehr die allein für die Naturwissenschaft mögliche Grundhaltung.

In dieser Problemstellung ist *Hermann Friedmann* („Die Welt der Formen“ von 1922) vorausgegangen, der zuerst die Forderung erhoben hat, daß die lediglich zähl- und meßbaren Größen an die zweite Stelle zu rücken hätten. Damit ist selbstverständlich nicht für die Physik und die Chemie die Forderung nach sinnlicher Anschaulichkeit erhoben — im Gegenteil, wir haben oben aufgezeigt, wie wenig die prinzipielle Frage der Ordnung mit sinnlich-menschlicher Anschauung

⁸⁾ Vgl. V. Riefner, Der Kampf ums Dasein u. seine Grundlagen in der neuzeitlichen Philosophie. Kritische Studie zur Ordnungsidee der Neuzeit. 1929.

⁹⁾ Vgl. B. Bavink, a. a. O. S. 194 ff., 248 ff.

und dem dreidimensionalen Raum zu tun hat. Damit aber würde zugleich, wie B. Bavink, a. a. O. S. 462 ausführt, eine *neue Mathematik erforderlich* werden, die von Ordnung, Symmetrie und Form auszugehen hätte und als allgemeine Ordnungslehre aufgebaut werden müßte. Die Begriffe der Größenlehre müßten sich als „degenerierte“ oder Grenzfälle im Sinne der höheren Mathematik aus einer solchen allgemeinen Ordnungslehre ableiten lassen. Wir hätten dann nicht mehr vom Infinitesimalprinzip und dem in seiner stetigen Bewegung an beliebiger Stelle feststellbaren Körper auszugehen, sondern hätten von der geordneten Mannigfaltigkeit und ihren möglichen Variationen zu handeln, so wie dies etwa schon im Bereich der Kristallforschung gruppentheoretisch durchgeführt werden kann. Damit würden auch die funktionalen Beziehungen zum Grenzfall der ihnen übergeordneten Mannigfaltigkeitsordnung werden.

Der *Vorrang der Form vor der Funktion*, der für jede sachgebundene Seinsinterpretation schon durch die Vorgebenheit der Form vor der Betätigung des Subjekts selbstverständlich ist, würde damit auch in der mathematischen Behandlung der Natur wiederhergestellt. Die primäre Frage müßte sich dann auf die Unterganzheiten höherer Sinngebilde richten und ihre mögliche Gruppierung herausarbeiten. Dadurch würden sich die in den jeweiligen Symmetrieelementen gelegenen Gebilde als innere Einheit offenbaren, mag auch die Komplikation als solche rasch, aber sicherlich nicht gesetzlos ansteigen. Ein solcher Blick auf die Natur würde eine *klaffende Lücke* in der neuzeitlichen Naturwissenschaft schließen, nämlich die Einheit bei aller Mannigfaltigkeit wieder sichtbar machen, d. h. uns wieder Sinn und Schönheit der Natur offenbaren, die im Mechanismus und seiner radikalen Ablehnung der Teleologie wie ausgetilgt schienen. *Natur und Kunst*, die in der neuzeitlichen Entwicklung immer weiter auseinandergetreten waren, könnten sich so wiederum zusammenschließen. So wie man eine künstlerische Ordnung und Harmonie gruppentheoretisch durchrechnen kann, müßte dies in Zukunft auch auf die natürlichen Harmonien und Symmetrien anwendbar sein, die die biologischen Formen mit den niederen Stufen in der anorganischen Gestaltung verbinden.

Wir stoßen damit auf eine neue Seite der Natur, die zwar der direkten Anschauung im dreidimensionalen und euklidischen Raum ebensowenig zugänglich ist, wie dies etwa schon heute bei den ordnungstheoretischen Erörterungen der allgemeinen Feldtheorie in der Physik der Fall ist. Auf alle Fälle aber würden wir auf diesem Wege zu „*Gefügeforschungen*“ vorstoßen können, die mit den unanschaulichen Formen der Physik anfangen, über die Elementargefüge der Chemie zu den klaren Gefügeordnungen, die uns in den Molekulargitterstrukturen der Mineralogie entgegentreten, und schließlich zu den anschaulichen Gestalten der Biologie führen. Auch hier müßten sich Konstanten ergeben, die sich rein mechanistisch und als funktionale Größen nicht deuten lassen. Der klassisch-mechanistischen Naturforschung aber war es unmöglich, diese Größen auch nur sichtbar zu machen. Die heutige Naturwissenschaft befindet sich, was diese Neuerungen betrifft, in einer vergleichsweise ähnlichen Lage wie einst kurz vor der Herausarbeitung des Infinitesimalprinzips, zu dem Gedankengänge aus der mittelalterlichen Indivisibillienlehre und der antiken Exhaustionsmethode hinführen¹⁰⁾.

¹⁰⁾ Zu diesem Problem vgl. Bavink, a. a. O. S. 462 f.; ferner: Woodger, *The Concept of Organism*. In: *Quarterl. Rev. Biol.* London 1930/31, sowie L. v. Bertalanffy, *Theoret. Biol. Bln.* 1933, S. 263 ff.

Noch der große Robert Mayer war sich der Tatsache bewußt, daß die *mechanistische Fragestellung* eine sehr weit getriebene und vom *inneren Gehalt* der Dinge *abstrahierende Methode* darstellt. In seiner „Mechanik der Wärme“ (Stuttgart 1874, S. 13 f.) findet sich die Feststellung, daß die Mechanik die Naturgegenstände anatomiere und sich wenig darum kümmerge; wenn durch ihre Anschauungsweise Gebiete weit auseinander zu liegen kämen, die in der Natur aufs engste zusammengehörten, während sie andererseits Begriffe und Objekte zusammenfallen lasse, die in der Welt nichts miteinander gemeinsam hätten.

Neben die Prinzipien der Erhaltung von Masse und Energie, die beide nichts über die Ordnungsverteilung, über Symmetrie und Formenvariation aussagen, tritt damit als neues Gebiet der naturwissenschaftlichen Forschung die *Lehre von der Erhaltung eines Minimums an Form*, von der Variation und Neuordnung der Formelemente, mögen diese auch unanschaulicher Natur sein, was die untersten Gebilde der Atomphysik betrifft. Ohne ein Minimum an Form wäre Seiendes überhaupt undenkbar. Diese Gesetze sind offenbar für alles empirisch-reale Sein nicht minder grundlegend wie die wohlbekannteren Erhaltungssätze aus der Physik des 18. und 19. Jahrhunderts. Freilich, dieses Minimum ist noch längst keine Durchorganisierung, keine reich ausgeprägte Gestaltung. Es ist dies lediglich der Anfang dazu, gleichsam nur der allerelementarste Grundriß, der einer höheren Ausprägung und Fülle durch Variation und Komplikation fähig und bedürftig ist. Die dabei auftretenden steuernden Kräfte sind offenbar unserer grobsinnlichen Organisation weniger zugänglich und nur vom Geistigen her verständlich. Sie sind aber nicht minder wichtig wie jene Kräfte, die sich direkt messen lassen. Denn, gäbe es in der Welt nichts anderes als den Kräfteausgleich aller Spannungen und Differenzen, so wäre der Wärmetod der Welt die notwendige Folge. Das Maximum an Entropie würde aber zugleich die Unendlichkeit des räumlich-zeitlichen Geschehens erfordern und das Sein einem Zustand größter Unordnung, d. h. dem Chaos überliefern und damit es selber aufheben.

5. Über das Zusammenbestehen höherer und niederer Gesetzmäßigkeit.

Wenn wir innerhalb des subatomaren Gebietes von Struktur- oder Formbeziehungen sprechen, so handelt es sich um innere Ordnungsbeziehungen unanschaulicher Art, die in ihrer errechenbaren, vieldimensionalen Mannigfaltigkeit alle sinnliche Anschauung, wie wir sie psychologisch im dreidimensionalen Raum erleben, übersteigt. Es wäre gerade ein Rückfall in gewisse, noch immer anthropomorphe Züge der klassischen Physik, wenn man strukturelle Ordnung mit anschaulicher Gestalt verwechseln wollte.

Es fragt sich nun: Wie ist eine so verwickelte Struktur mit jenen einfacheren Formen verträglich, die wir schon im molekularen Gebiet, erst recht aber im Bereich des lebendigen Seins antreffen? Hier klaffen gewaltige *Lücken der Forschung*. Die Einheit ist längst nicht hergestellt, ja vielfach kaum in Angriff genommen worden. Immerhin läßt sich die innere Einheit oder doch zum mindesten die *innere Verträglichkeit höherer und niederer Gesetzmäßigkeit* von zwei Gebieten her deutlich nachweisen. Das eine ist die Tatsache der Geformtheit alles Lebendigen im anschaulichen Sinne, der Vorrang einer jeweils typischen Form, die sich auch Widerständen gegenüber immer wieder durchsetzt. In diesem Zusammenhang hat Robert Müller in der Schrift „Über die Entfaltungsordnung und den Stammbaum der chemischen Elemente“ (Halle 1944) auf gewisse innere Bezie-

hungen zwischen den chemischen Formen und den biotischen Gefügen hingewiesen, die geradezu eine innere Hinneigung gewisser chemischer Elemente zum Leben darstellen. Ausgehend von E. Dacqué's Entfaltungsordnung der lebendigen Arten hat Müller das Periodische System in Form eines lebendigen Baumes geordnet. Er hat dadurch (mit geringfügigen Abweichungen vom Periodischen System) zeigen können, wie sehr doch manche Elemente, die im Lebensgeschehen die wichtigsten Funktionen zu erfüllen haben, dieser ihrer Aufgabe geradezu entgegenwachsen. Versuche ähnlicher Art sind von Biologen und Anthropologen in der letzten Zeit häufiger ausgesprochen worden. Erinnerung sei hier nur an das Buch von Hans Schmalfuß, „Stoff und Leben“ von 1937 oder an O. J. Hartmann in seiner „Menschenkunde“ von 1941. Die gesamte Problematik hat auch C. F. von Weizsäcker in dem Buche „Zum Weltbild der Physik“ von 1943 in großem geistesgeschichtlichen Zusammenhange aufgerollt.

Wie wenig jedoch eine *höhere Gesetzlichkeit* die „strenge“ Gesetzlichkeit klassischer Physik stört, läßt sich sodann eindeutig an jedem Kunstwerk und wegen der Möglichkeit exakter Messungen besonders klar bei der *musikalischen Melodie* aufweisen. Nehmen wir als Beispiel ein mechanisches Klavier her, dessen energetischer Kräfteumsatz physikalisch genau gemessen und berechnet werden kann. Es läßt sich dabei feststellen, daß die hineingeschickte kinetische Energie in jedem Falle gleich ist der Energie, die als Wärme und Schall wieder herauskommt. Wollte nun der messende Physiker lediglich sich als physikalisch denkender und rechnender Mensch betätigen, so könnte er auf Grund naturwissenschaftlicher Überlegungen unmöglich verstehen, warum die eine Schwingungszahl jeweils auf die andere in einer ganz bestimmten Reihenfolge sich ergibt. Er stünde bei wiederholten Messungen desselben Vorgangs vor einem Rätsel. Auch die Schwingungsamplituden, die Dauer der Töne und die leeren Zeiten zwischen den Tönen würden ihm keinerlei Anhaltspunkte dafür liefern, warum gerade dieser Ton auf den nächsten folgt, warum gerade diese Lautstärke immer wieder an der gleichen Stelle annähernd gleich anschwillt. Allenfalls müßte unser Physiker an einen Zufall glauben, der sich unter unendlich vielen Möglichkeiten gerade so herausgebildet habe (wenn er im Stile des Laplace'schen Geistes des 19. Jahrhunderts denken würde). Sobald aber unser Physiker auch ein musikalisches Verständnis hätte, würde er merken, daß das Ganze durch das *Sinngesetz der Melodie gesteuert* ist. Diese Steuerung aber würde allenfalls kontrapunktisch zu verstehen, unter Umständen auch gruppentheoretisch zu berechnen sein, aber sie würde in den Formeln der klassischen Physik nicht zum Ausdruck kommen¹¹⁾.

Wir vermögen aus diesen kurzen Andeutungen zu erkennen, daß die Welt mehrschichtig ist und der innere Zusammenhang der Schichten nicht bloß eine philosophisch-ontologische, sondern zugleich auch eine naturwissenschaftliche Aufgabe für die Forschung der Zukunft bedeutet. Die hier in erster Linie zu stellende Frage aber wird das innere Verhältnis von Form und Funktion sein.

¹¹⁾ Vgl. Andreas Speiser, Mathematische Denkweise. Zürich 1932.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Bericht der naturforschenden Gesellschaft Bamberg](#)

Jahr/Year: 1946

Band/Volume: [29](#)

Autor(en)/Author(s): Růfner Vinzenz

Artikel/Article: [Form und Funktion 83-95](#)