

PHILOSOPHISCHE FRAGEN DER HEUTIGEN MIKROPHYSIK *

Auf dem XIV. Internationalen Kongress für Philosophie in Wien 1968 hat der Astrophysiker Victor AMBARTSUMYAN in seinem ausgezeichneten Vortrag "*Contemporary Natural Science and Philosophy*" auf die wachsende Bedeutung der Physik für andere Wissenschaften hingewiesen. So hat zum Beispiel die physikalische Methode der Untersuchung von Molekular-Strukturen durch Diffraktionen von Röntgen-Strahlen die grossen Erfolge der heutigen Bio-Chemie, Mikro-Biologie und Genetik ermöglicht. Die Philosophie als Wissenschaft von der Gesamt-Wirklichkeit kann daher an den Ergebnissen der Physik als grundlegender Real-Wissenschaft nicht vorbeigehen. Dieses Verständnis der Philosophie verdanke ich meinem von den exakten Naturwissenschaften herkommenden Lehrer Aloys WENZL, dem ersten 1947 frei gewählten Rektor der Universität München.

Da seitdem das Forschungsgebiet, welches mich am meisten interessiert, die Physik der elementaren Teilchen und Felder ist, habe ich das Thema "Philosophische Fragen der heutigen Mikrophysik" vorgeschlagen. Es soll da anknüpfen und weiterbauen, wo meine drei Beiträge zum¹⁾ Wiener Internationalen Philosophen-Kongress vor fünf Jahren ihren Standort hatten: Damals suchte ich zuerst die Begründung einer *realen Ontologie der Naturgesetze*, um dann - im Kolloquium von Leo GABRIEL - meine Dankbarkeit auszudrücken für Aloys WENZL als *Philosoph der Integration, Synthese und Ganzheit*; und schliesslich wurde im dritten Thema die *natur-philosophische Bedeutung einer einheitlichen Feldtheorie der Elementarteilchen* diskutiert, auf Grund der neuesten Arbeiten von Werner HEISENBERG.

Unsere realistische und komplementär-synthetische Auffassung der Strukturen, die dem Natur-Geschehen zugrunde liegen, hat sich in den letzten Jahren der Forschung erneut bestätigt. Im knappen Rahmen eines Kongress-Referates muss ich mich auf einige wenige Grundzüge beschränken.

Das auch philosophisch bedeutendste Ergebnis der gegenwärtigen Mikrophysik ist der endgültige Nachweis einer dualen oder binomischen Grundstruktur der physikalischen Wirklichkeit. Die experimentelle Hochenergie-Physik hat die vollkommene Parallelität von Teilchen-Antiteilchen-Paaren aufgezeigt; und die theoretische Frontforschung von heute

* Beitrag zum Weltkongress für Philosophie 1973, Bulgarien, Varna, 1. Plenarsitzung: Philosophie und Wissenschaft, Pamplona 1973.

ist die Quanten-Feldphysik oder Quanten-Elektrodynamik, die trotz allen mathematischen Schwierigkeiten in der Endlichkeits-Unendilchkeits-Problematik des Kontinuums die wesentliche Dualität von Teilchen- und Feld-Charakter der Elementar-Strukturen aufrecht erhält. Beides soll kurz diskutiert werden.

Die Tatsache, dass es zu jedem Teilchen ein Anti-Teilchen, - besser gesagt, ein komplementäres Teilchen - gibt, konnte erst mit Einsatz der modernen Grossbeschleuniger voll bestätigt werden. Ende Dezember 1970 wurde in Stanford (Californien) das positiv geladene Anti-Omega-Hyperon entdeckt;¹ 1971 konnten mit dem damals grössten Beschleuniger der Welt, dem Proton-Synchrotron in Serpuchov bei Moskau Anti-Helium-Kerne erzeugt werden.² Weitere Ergebnisse sind zu erwarten mit noch höheren Energien: Bereits Mitte 1972 erreichte der neue Protonen-Akzelerator in Batavia (Illinois) eine kinetische Energie von 300 Giga-Elektron-Volt (300000 Millionen Elektron-Volt); und die Protonen-Speicherringe von CERN in Meyrin bei Genf haben 1972 eine Gesamt-Energie der Gegenströme bis 2000 Giga-Elektron-Volt erreicht.³

Es ist jedoch nicht nur die gewaltige Steigerung der Energiemenge, die zum Erfolg führt, sondern auch und zuerst - und das ist auch philosophisch interessant - die geniale, geistvolle Idee. Die wissenschaftliche Nachricht, die mich in diesem Jahr 1973 am meisten beeindruckt hat, ist die nach allen Indizien gelungene Atomkern-Fusion mit Hilfe von sinnvoll gelenkter Laser-Strahlung, erdacht und durchgeführt von Nobelpreisträger Nikolai Gennadjewitsch BASOW mit seiner Forschungsgruppe am Lebedev-Institut in Moskau⁴. Was dem ungeheueren technischen Aufwand in Europa und Amerika, um den magnetischen Einschluss eines viele Millionen Grad heissen Elementarteilchen-Plasmas zu erreichen, noch nicht gelungen ist, das rückt nun mit Anwendung von geordneten, kohärenten, polarisierten und monochromatischen Lichtstrahlen in greifbare Nähe: nämlich die Energie-Versorgung der Menschheit für die Zukunft, durch den Prozess der Implosion, der Verwandlung von Wasserstoff in Helium nach dem zuerst von Carl Friedrich von WEIZSÄCKER und Hans BETHE entdeckten Zyklus der thermonuklearen Reaktionen im Innern der Fixsterne, zum Beispiel unserer Sonne.

Es war vor kurzem die Rede davon, dass es besser ist, von komplementären Teilchen zu sprechen, statt von "Materia" und "Antimaterie". Noch ein Jahr vor seinem Tod hielt Niels BOHR, eingeladen von Igor TAMM, am Lebedev-Institut für Physik in Moskau einen Vortrag über "Das Komplementär-Prinzip in der Quantenmechanik", der sehr positiv beurteilt wurde.

¹ *Phys. Rev. Lett.* 26, 411 (1971).

² *CERN Courier* 11, 315 (1971).

³ *CERN Courier* 12, 247 (1972).

Der Sinn dieser Anmerkung wird sofort klar, wenn wir bedenken, dass es positive und negative Elektrizität gibt, dass es aber niemandem einfallen etwa "Anti-Elektrizität" zu nennen.

Und so ergänzen sich auch Komplementär - Teilchen paarweise zueinander, da sie in allen ladungsähnlichen Quantenzahlen (elektrische Elementarladung, Hyperladung, Strangeness, Baryonen- oder Leptonenzahl, dritte Komponente des Isospins) entgegengesetzte Vorzeichen haben, jedoch in allen anderen Eigenschaften (Ruhmasse, mittlere Lebensdauer, Erhaltungssätze in Umwandlungen) gleich sind. Physikalisch bedeutet dies, dass Komplementär-Teilchen in einem Magnetfeld – jeweils ihrer Ladung entsprechend - entweder nach rechts oder nach links gehen. Dabei kann man doch nicht von "Richtung" und "Anti-Richtung" sprechen, sondern eben nur von verschiedenen, zueinander komplementären Richtungen.

Wenn weiter allgemein die fundamentalen Prozesse mit Teilchen-Paaren "Erzeugungs- und Vernichtungs-Akte" genannt werden, so ist nur der erste Terminus zutreffend: denn die Komplementär-Teilchen (zum Beispiel Elektron-Positron, Proton-Antiproton) werden gemeinsam erzeugt durch gleichwertige Energie, das heisst Kapazität zur Arbeit; aber sie werden niemals "vernichtet", sondern verwandeln sich wieder friedlich in Strahlungs-Energie. Umwandlung ist sicher keine Vernichtung.

Wenn wir trotzdem weiter die nun einmal eingebürgerte Bezeichnung "Anti-Materie" benützen, so hat das seinen Grund in der kosmischen Asymmetrie der Komplementär-Struktur. Die Elementar-Teilchen, die unser Sonnen-System und vielleicht oder wahrscheinlich unsere Galaxis zusammensetzen, nennen wir "Materie" (vor allem die positiv geladenen Protonen und die negativ geladenen Elektronen oder Negatronen), während die nur künstlich in Hochenergie-Prozessen erzeugbaren Komplementär-Teilchen "Anti-Materie" heissen.

Naheliegende Symmetrie-Betrachtungen - und damit wird die Wissenschaft wieder zur Philosophie - führen zu grundlegenden kosmologischen und kosmogonischen Erwägungen und Berechnungen. Die fundamentale Parallelität von komplementären Teilchen legt es nahe, ihre gleichmassige Verteilung im gegenwärtigen Universum und ebenso im kosmischen Anfangszustand anzunehmen. An wissenschaftlich-philosophischen Modellen zu dieser Hypothese hat es in den letzten Jahren nicht gefehlt. Ich erinnere vor allem an den Beitrag von Oskar KLEIN und Hannes ALFVEN (Schwedens Nobelpreisträger von 1970);⁴ aber ihre Expansions-Kontraktions-Theorie findet entscheidende, in den astronomischen Beobachtungen begründete Gegen-Argumente durch den vielleicht bedeutendsten Astrophysiker der Gegenwart, Viktor

⁴ *Physics today*, 25, 8, 17 (1972).

Amazasgovich AMBARTSUMYAN von Leningrad: Es gibt keine astro-physikalische Erfahrung-Tatsache, die die Konzentration diffuser Plasma-Verteilungen zu festen Sternen beweisen könnte; wohl aber gibt es überall im Zelraum elementare Explosionen und Eruptionen, vor allem in den innersten Kernen der Galaxien.

Vielleicht könnte man die massenhafte Entstehung von Paaren komplementärer Teilchen aus einem ursprünglichen elektromagnetischen Feld mit genügend hohen energetischen Differenzen annehmen. Eine Trennung der schweren Baryonen (vor allem Nukleonen) und der leichten Leptonen (vor allem Elektronen) könnte durch kosmische Gravitations-Felder erklärt werden; eine Trennung der positiv geladenen Protonen und der negativen Anti-Protonen sowie der negativ geladenen Elektronen und der positiven Anti-Elektronen wäre etwa durch kosmische elektrische und magnetische Felder möglich. Eine solche Trennung von Koino-Plasma und Anti-Plasma war aber notwendig, damit sich stabile Sterne und Stern-Systeme bilden konnten; denn nach dem strukturellen Universal-Gesetz der Erhaltung der Baryonen- und Leptonen-Zahl (jedem Baryon oder Lepton kommt die Quantenzahl plus eins zu, jedem Anti-Baryon oder Anti-Lepton die Zahl minus eines, und die algebraische Summe bleibt immer gleich in einem geschlossenen System) gehört zu einem Teilchen-Antiteilchen-Paar die Summe Null, und sie lösen sich daher in Strahlungs-Energie auf, aus der sie ja auch gekommen sind. Die Komposition eines Sternes oder Stern-Systems aus Anti-Materie (negativen Protonen und positiven Elektronen) ist demnach ebenso möglich und wahrscheinlich wie die Zusammensetzung unseres Sonnensystems aus Materie.

Die hier nur kurz skizzierten Überlegungen sind keine bloßen Spekulationen, sondern Folgerungen aus einer der bedeutsamsten experimentell gesicherten Tatsachen der heutigen Mikrophysik, nämlich der volligen Parallelität von Materie und Anti-Materie. Eine Tabelle, in der jedem Teilchen sein heute schon experimentell nachgewiesenes Anti-Teilchen zugeordnet ist, weist eine vollkommene Symmetrie auf. Aber eine solche ideale Symmetrie ist real nicht aktualisierbar, weil das mathematisch-strukturelle Naturgesetz der Erhaltung der Baryonen- und Leptonen-Zahl die Symmetrie nicht erlaubt.

Nach dieser kurzen Übersicht über die heutige Materie-Antimaterie-Problematik in der Mikrophysik wollen wir uns nun dem zweiten großen Dualismus in der Frontforschung der Gegenwart zuwenden, nämlich dem Teilchen- oder Feld-Charakter der Elementar-Ereignisse. Philosophisch steht im Hintergrund die Aporie des Kontinuums und des Diskontinuums, also der inneren Teilbarkeit ins Unendliche oder in endliche Teile, die seit ZENON von Elea - also seit beinahe zweieinhalb Jahrtausenden - in der Geistesgeschichte lebendig ist.

Eine Zeitlang konnte es scheinen, dass mit dem "Eightfold Way" von Murray GELL-MANN (Nobelpreis 1969) und Yuval NE'EMAN das Partikel-Bild über den Wellen- und Feld-Aspekt der Elementar-Ereignisse gesiegt habe. Der kontinuierliche Feld-Charakter bleibt aber bestehen; und heute ist es sogar so, daß die Quantenfeldphysik die führende Rolle in der theoretischen Forschung übernommen hat. Die grundsätzlichen Schwierigkeiten der aktuellen Quanten-Elektrodynamik liegen in dem auch philosophisch interessanten Problem der "inneren Unendlichkeit", die bis jetzt mathematisch nur in einem "ad hoc" eingeführten Renormierungs-Verfahren gelöst -oder besser gesagt: beiseite geschoben- werden konnten. Was den experimentellen Forschungsbereich anlangt, wurden im Jahre 1971 einige Nachrichten aus Stanford (Kalifornien) bekannt über die Entdeckung von Unterteilchen von Nukleonen, die nach einem Vorschlag von Richard P. FEYNMAN (zusammen mit Julian SCHWINGER und dem Japaner Sin-itiro TOMONAGA, Nobelpreisträger für die Theorie der Quanten-Elektrodynamik) den Namen "Partonen" erhielten (vom lateinischen pars = Teil).⁵ Eine innere Strukturierung der Nukleonen (Protonen und Neutronen) war ja schon nach den früheren Versuchen des amerikanischen Nobelpreisträgers Robert HOFSTADTER sehr wahrscheinlich. Von manchen Autoren wurden die hypothetischen "Partonen" mit den von GELL-MANN eingeführten "Quarks" in Verbindung gebracht, an deren Existenz ich allerdings nicht glauben kann; denn Zusammensetzungen aus ihnen würden zwar die Quantenzahlen Isospin und Seltsamkeit (strangeness) erklären, aber um den Preis von Drittel- und Zweidrittel-Werten der elektrischen Elementar-Ladung, was alter bisherigen experimentellen Erfahrung widerspricht. Wozu sollte es überhaupt erforderlich sein, von "Sub-Partikeln" zu sprechen? Die Physik kennt heute ein Teilchen-Spektrum, das von der Ruhmasse Null (oder wenigstens nahezu Null - Photonen und Neutrinos-) bis an die 3 000 Millionen Elektron-Volt reicht - wenn wir von möglichen Teilchen noch viel größerer Masse, wie den "Maximonen" in der Theorie des sowjetischen Akademie-Mitglieds M.A. MARKO, deshalb absehen, weil sie experimentell so schwer nachweisbar sind. Wegen der vielen Übergangs- und Umwandlungs-Möglichkeiten hat es nun keinen Sinn mehr, etwa "einfache" von "zusammengesetzten" Teilchen zu unterscheiden. Ein übergeordnetes energetisches Feld, das man auch Materie-Feld nennen konnte, erzeugt in strukturell geordneter Systematik ("offene" und "geschlossene Kanäle") Strukturelemente, die sogenannten "Teilchen"; und alle diese Elemente tragen in Wechselwirkungen zu allen anderen bei.

Immer wieder begegnet uns im Forschungsbereich der heutigen Mikrophysik eine fundamentale Bipolarität und Komplementarität: Teilchen und Felder, Korpuskel- und

⁵ *Physics Today*, 2, 17 (1971); *Scient. Amer.*, 224, 6, 61 (1971).

Wellen-Aspekt, Individualität und Wechselwirkung, Struktur-Ganzes und Struktur-Elemente, aktuelle und virtuelle Teilchen, Materie und Energie, Quellen und Strahlung, "Punktphysik und Feldphysik" (in der Ausdrucksweise von Louis de BROGLIE), Diskontinuum und Kontinuum, Endlichkeit und Unendlichkeit...

Wie weit sind wir heute entfernt von dem naiven und doch unglaublich genialen Atomismus DEMOKRITs, der vor fast zweieinhalb Jahrtausenden die Idee in die Welt setzte. DEMOKRIT kannte nur ein einziges Gegensatz-Paar: das Vorhandensein ("παμπλερες ον") der Atome und das Nicht-Sein ("με όν") des leeren Raumes, ohne Gesetz und Struktur. Er kannte weder den Begriff der Kraft (der "δύναμις" bei ARISTOTELES) noch den Begriff der Energie im modernen Sinne, der "Fähigkeit, eine Arbeit zu energetischem leisten", und natürlich nicht den Begriff des Feldes als eines "Inbegriffs möglicher physikalischer Wirkungen" (Fritz BOPP, München). Allein der Feld-Begriff ist aber imstande, den Abgrund des "Nichts", des leeren Raumes bei DEMOKRIT zu überbrücken. Denn zweifellos ist das ganze Universum erfüllt von den drei Typen von Feldern, die wir in der Physik von heute kennen: nämlich das materiale, das gravitatorische und das elektromagnetische Feld. Es gibt kein Vakuum, keine Leere, kein Nichts in der Natur.

Besonders das letztgenannte, das elektromagnetische Feld ist allgegenwärtig im Weltall. Ohne dieses Feld und seine konservierenden Strukturen wäre ja keine Wahrnehmung und Beobachtung möglich; und noch dazu können wir ja Objekte bis in kosmische Distanzen von vielen Millionen Lichtjahren beobachten, dank der vermittelnden Wirkung des elektromagnetischen Feldes. Seine Realität steht zweifellos sicher. Die schönsten Beweise für die Wirklichkeit des elektromagnetischen Feldes stellten die Ergebnisse der *Holographie* dar, für deren Erfindung und Ausarbeitung Dennis GABOR (London) 1971 den Nobelpreis erhalten hat.⁶ Mit Hilfe der völlig kohärenten, monochromatischen Laser-Strahlung ist die Holographie (vom griechischen *hólos* = ganz und *graphein* = aufzeichnen) imstande, nicht nur - wie bei der gewöhnlichen Photographie - die Information festzuhalten, die durch den winzigen kreisrunden Ausschnitt in der Blende eines Photoapparates hindurchgeht, sondern das elektromagnetische Feld in seiner ganzen Ausdehnung zu fixieren und zu konservieren, so wie es in jedem Moment durch jeden Punkt zum Beispiel der Fensterscheibe, durch die ich auf eine Landschaft blicke, hindurchgeht. Das Ergebnis ist ein dreidimensionales, perspektivisch völlig getreues Bild; und wenn auch noch die vierte Dimension hinzugenommen wird in einer zeitlichen Aufeinanderfolge von Hologrammen, von "ganzheitlichen Aufzeichnungen", dann ist die Wirkung eines holographischen Films von der Wirklichkeit nicht zu unterscheiden.

⁶ M. Markow, *Physikalische Blätter* 25, 8, 361 (1969).

Es gäbe natürlich noch vieles zu sagen über philosophisch interessante Probleme der heutigen Mikrophysik, deren Ergebnisse - da Elementarteilchen und -felder das ganze Universum ausfüllen und bilden - von eminenter astrophysikalischer, kosmologischer und kosmogonischer Bedeutung sind. Ich wollte mich aber hier, im knappen Rahmen eines Kongress-Referates, auf ganz Weniges beschränken, das mir wesentlich erscheint:

1. Die Erforschung der physikalischen Wirklichkeit enthüllt immer mehr gesetzmässige Zusammenhänge, die auf eine bestehende Welt-Ordnung schliessen lassen. Im Mikrobereich sind nicht beliebige oder willkürlich-zufällige Umwandlungen möglich, sondern nur solche, bei denen die Summe (bei der Parität: das Produkt) der Quantenzahlen vor und nach dem Prozess konstant bleibt. Diese experimentell bestätigte Tatsache ist eine Folge des von der Göttinger Mathematikerin Emmy NOETHER schon 1918 bewiesenen Satzes, dass Erhaltungsgrössen gegeben sind durch die Invarianz des 'Wirkungs-Integrals (in physikalischer Interpretation: der Naturgesetze) gegenüber bestimmten Transformations-Gruppen, also durch mathematische Symmetrien.⁷ Es ist ein pythagoreisch-platonisches Gedankengut, das in der heutigen Physik lebendig ist: Harmonie und Symmetrie im exakten Naturgesetz.

2. Die einfachste Symmetrie ist die bilaterale, die zweiseitige, die "Alternative" (in der Terminologie von Carl Friedrich von WEIZSÄCKER). Die Teilchen-Antiteilchen-Konjugation kann man als eine vollkommene Spiegelung auffassen: Alle ladungsartigen Quantenzahlen wechseln ihr Vorzeichen; nur möchte ich lieber statt "Positiv-Negativ-Konjugation" sagen: "Rechts-Links" oder (was dasselbe besagt) "Oben-Unten"-Vertauschung. Es handelt sich genau um den Unterschied zwischen rechter und linker Hand, der schon Immanuel KANT zum Staunen erregte und der in der modernen Biochemie und Genetik wiederkehrt mit der zweiseitigen Vereinigung von Poly-Molekular-Ketten und der entsprechenden Zellkern- und Zell-Teilung.

3. Die fundamentale mathematische, und das heisst strukturelle Ordnung und Harmonie ist aber in der Physik des elementaren und kosmischen Bereiches nicht in exakter Symmetrie verwirklicht, sondern verbunden mit - im ganzen gesehen, relativ kleinen - Asymmetrien. Die bedeutendste davon ist die lokale Asymmetrie ("lokal" im kosmischen Sinn: nur auf eine gewisse Anzahl von Galaxien beschränkt) von Sternsystemen, die entweder aus Materie oder aber aus Antimaterie bestehen. Weitere Asymmetrien sind durch den Charakter der elementaren Wechselwirkungen bestimmt. Nur die starken Wechselwirkungen, die für die nuklearen Kräfte, den Zusammenhalt der

⁷ Lit. in: E. Schmutzer (Jena): *Symmetrien und Erhaltungssätze der Physik*, Berlin 1972; Ders. *Physik*. Bl. 213 260 (1973).

Atomkerne, und für alle hadronischen Umwandlungen verantwortlich sind, bewahren alle Symmetrien, das heisst, sie bleiben invariant in allen Transformations-Gruppen. Die etwa hundertmal schwächeren elektromagnetischen Wechselwirkungen verletzen die Symmetrie der Isospin-Erhaltung, die schwachen Wechselwirkungen bewahren ausserdem nicht die Strangeness- und Paritäts-Erhaltung.

Diese geringen Störungen der fundamentalen Symmetrien führt HEISENBERG auf den Anfangs-Zustand der Welt zurück. Der Nobelpreisträger Wolfgang PAULI hat in einem Brief an HEISENBERG das Prinzip in die zwei Begriffe zusammengefasst: "Zweiteilung und Symmetrie-Ver minderung".⁸

Diese jüngste Darstellung der Elementar-Physik könnte auch in der Ästhetik als Prinzip des objektiv Schönen gelten: Eine Blume, ein Gebirge, eine Kathedrale, ein Menschen-Antlitz sind schön, gerade wenn und weil sie nicht exakt geometrisch symmetrisch sind, sondern "Harmonien mit kleinen Asymmetrien" darstellen.⁹

4. Während die klassische Mechanik nur *eine* Art von Bewegungsgleichungen kannte, die sie auf alle Gebiete der Physik anzuwenden trachtete - was sich aber schliesslich für die elektromagnetischen Phänomene als unmöglich erwies und zur speziellen

Relativitätstheorie führte -, erkennt die neue Physik des 20. Jahrhunderts immer mehr die Eigenständigkeit der Bereiche. Die Quantenzahlen, welche die Erzeugungs- und Verwandlungs-Prozesse der Elementarteilchen im freien Zustand bestimmen (Hyperladung, Baryonen- und Leptonenzahl, Seltsamkeit, Isospin) sind andere als die Quantenzahlen, die den Zusammenhalt der Atomkerne bewirken ("Magic Numbers" und nukleonische Term-Diagramme); und diese sind wiederum andere als die zuerst bekannten Quantenzahlen, die verantwortlich sind für die Konsistenz der atomaren Elektronenhüllen und ihrer Strahlungs-Emissionen (Haupt-, Neben-, magnetische und Spin-Quantenzahl) mit dem strukturellen Gesetz des Ausschließungsprinzips von Wolfgang PAULI, d.h. Elektronen in einem geschlossenen System nicht in allen vier Quantenzahlen übereinstimmen dürfen. Wiederum andere Quantenzahlen determinieren den Aufbau der Moleküle und der von diesen ausgesandten Banden-Spektren (Rotations- und Vibrations-Quantelung). Und in der höchsten Organisations-Form der anorganischen Natur, im kristallinen Bereich, sind die das Geschehen ordnenden Führungsfelder charakterisiert durch ihre besonderen Quanten, die in der heutigen Kristallogie Phononen, Polaritonen und Excitonen heissen.⁹

⁸ W. Heisenberg, *Der Teil und das Ganze*, München 1969, S. 317.

⁹ H. Weyl, *Symmetrie*, Princeton Univ. Press 1952.

Dieser hierarchische Aufbau der anorganischen Ordnungsformen (elementare, nukleare, atomare, molekulare, kristalline Führungsfelder) kann als Modell dienen für eine Weiterführung auch im organischen Bereich. Wenn die Quantenphysik das Führungsfeld für die Insertionen der elektronischen Atomhüllen genau erforscht hat, warum sollte der Wissenschaft ein Einblick auch in die komplizierten Strukturen der vitalen Ordnungsfelder versagt bleiben? Schon ihre einfachsten Elemente, die molekularen Bindungen der Doppelketten von Aminosäuren und Enzym-Proteinen durch Wasserstoffbrücken können nur quantenphysikalisch verstanden werden. Das wissenschaftliche Prinzip der Physik des 20. Jahrhunderts ist aber, nicht bei der blossen Beschreibung der Erscheinungen stehen zu bleiben (das tat die aristotelische Physik, nach der die Körper "ihrem natürlichen Ort zustreben": die schweren nach unten, die leichten nach oben), sondern sichtbare Wirkungen durch unsichtbare Ursachen zu erklären: Der Grund für die beobachtbare Schwere-Beschleunigung ist das nicht direkt beobachtbare, sondern nur aus seinen Wirkungen erschliessbare Gravitations-Feld; und die Erforschung seiner mathematisch nachvollziehbaren Strukturen ist die Aufgabe und Leistung der Wissenschaft. Es ist meine feste Überzeugung, dass auch die Philosophie als Wissenschaft von der Gesamt-Wirklichkeit wesentlich keine andere Aufgabe hat als die, vom Sichtbaren zum Unsichtbaren, vom Greifbaren zum Unfassbaren fortzuschreiten; nur eben im viel allgemeineren und umfassenden Ausmal, das aber immer die Ergebnisse der Einzelwissenschaften voraussetzt.

5. Diese Erörterungen sind bewusst ausgesprochen im Hinblick auf die naturphilosophische Diskussion, die mit Recht das grösste Interesse erweckt hat in den letzten drei Jahren (1970-1973), nämlich die Auseinandersetzung zwischen den Physikern und Begründern der Quantenmechanik und -logik Werner HEISENBERG, Pascual JORDAN, Carl Friedrich von WEIZSÄCKER auf der einen Seite¹⁰ und den Genetikern Jacques MONOD und François JACOB auf der anderen Seite¹¹. Auf der einen Seite steht die experimentell vieltausendmal erprobte Überzeugung von der Existenz einer zentralen Ordnung der Welt, auf der anderen Seite der Glaube an "Zufall und Notwendigkeit". Diese beiden letzteren Begriffe sind aber kein Thema der wissenschaftlichen Forschung, sondern anthropomorph-subjektive Ausdrücke für Ereignisse, die uns überraschend oder schicksalhaft unausweichlich vorkommen. Das grosse Thema der Wissenschaft sind die Strukturen der bestimmenden Gesetze, also eben die allen Phänomenen zugrundeliegende Welt-Ordnung. Ob sich "zufällig" zwei

¹⁰ W. Heisenberg, *Der Teil und das Ganze*, München 1969; Ders. *Schritte ubre Grenzen*, München 1971; P. Jordan, *Begegnungen*, Oldenburg 1971; *Schöpfung und Géminis*, ib. 1971, C. F. v. Weizsäcker, *Die Einheit der Natur*, Manchen 1971.

¹¹ J. Monod, *Le hasard et la nécessité*, Paris 1970; Jacob, *La Logique du vivant*, Paris 1970.

Protonen in einer Nebel- oder Blaskammer treffen, das interessiert die Wissenschaft nicht, sondern die Gesetze, nach denen ihre Reaktionen und Umwandlungen erfolgen. Und die physische Notwendigkeit kann nur eine hypothetische sein: *Wenn* diese oder jene Naturgesetze gelten, *dann* folgen daraus diese oder jene Vorgänge.

6. Wenn man schliesslich nach einem letzten Grund für die Dualität, Bipolarität und Komplementarität der mikrophysikalischen Strukturen und Struktur-Elemente fragt, so möchte ich antworten: Es ist die Spannung zwischen *Wirklichkeit und Wahrnehmung*, die sich schon in der fundamentalen Unterscheidung der Teilchen und Feldquanten in Fermionen und Bosonen vorbereitet (je nachdem die Partikeln antisymmetrischen oder symmetrischen Wellenfunktionen gehorchen). Die Fermionen sind die Elemente des Aufbaus der realen Welt; die Bosonen sind die Quanten der vermittelnden Felder, von denen das wichtigste das elektromagnetische Feld ist, das Feld der Photonen oder Lichtquanten, das uns die visuelle Wahrnehmung der Welt ermöglicht¹². Den Zusammenhang kann man mit LEIBNIZ nennen: *Prästabilisierte Harmonie*. Mein Lehrer Fritz BOPP (München) sagte deshalb mit Recht: *Physik ist Philosophie*.

¹² W.Strobl, "Wissenschaftliche Theorie der Wahrnehmung und Erkenntnis", in: *Wissenschaft und Weltbild*, Wien 1971, S. 214-221.