

UNSICHTBARE URSACHEN SICHTBARER WIRKUNGEN

ZUR WISSENSCHAFTSTHEORIE DER SINNLICHEN ERFAHRUNG *

Das Thema meines Vortrags über "unsichtbare Ursachen sichtbarer Wirkungen" mag vielleicht manchem etwas geheimnisvoll klingen. Es ist aber gar nichts Mystisches damit gemeint, sondern vielmehr eine sehr logische, einfache und natürliche Basis in der wissenschaftlichen Grundlagenforschung des 19. und 20. Jahrhunderts. Es geht um die Entdeckung der *energetischen Felder* in der neuen Physik und Kosmologie, die eben Repräsentanten von unsichtbaren Ursachen beobachtbarer Phänomene sind.

Ich möchte meinen Vortrag von Anfang an in einen allgemeineren philosophischen Zusammenhang hineinstellen, der durch die einfache Frage charakterisiert werden kann: Was heisst denken? Diese Frage wurde von Martin HEIDEGGER zwar gestellt, aber niemals mit genügender Klarheit beantwortet. Meine einfache Antwort lautet: Denken heisst Unsichtbares sehen, Unhörbares hören, Ungreifbares spüren.

Das wäre natürlich ein Widerspruch, wenn nicht auf der einen und der anderen Seite des Gesagten etwas Verschiedenes gemeint wäre: Unsichtbares sehen heisst: mit einem inneren Auge wahrnehmen, was dem äusseren Sinnesvermögen verschlossen bleibt, und mit einem inneren Lauschen hören, was nicht ins Ohr dringt, und erfassen, was nicht mit Fingern greifbar ist.

Um nur ein einziges allen erreichbares Beispiel zu zitieren: Wir alle kennen das Sprichwort: "Wo Rauch ist, da ist auch Feuer". Wenn ich draussen vor meinem Fenster Rauch aufsteigen sehe, dann frage ich: Ist es der Rauch der Schornsteine der Automobilfabrik? Oder kann es nicht vielleicht ein Waldbrand sein? Es sind die allgemein-menschlichen Anfänge des Kausal-denkens, die zugleich die Anfänge des wissenschaftlichen Denkens überhaupt sind, sobald und insofern dieses Denken nicht nur eine Beschreibung, sondern auch eine Erklärung unserer sinnlichen Erfahrung sucht.

Die Grundwissenschaft der mathematisch formulierbaren Naturgesetze, die Physik, kennt heute drei verschiedene Bereiche von energetischen Feldern. In der chronologischen Folge ihrer Entdeckung sind es die folgenden physikalischen Wirklichkeiten:

Erstens: Das *elektromagnetische Feld*

* Manuskript zum Vortrag. Universität Bamberg, 6.VIII.1978

Zweitens: *Das Gravitationsfeld*

Drittens: *Das materielle Feld.*

Auch in systematischer, kosmologischer und kosmogonischer Ordnung behauptet das elektromagnetische Feld seinen ersten Rang; denn es ist der Ursprung einer geordneten und wahrnehmbaren Welt. Darüber hinaus ist elektromagnetische Energie fähig, materielle Teilchenpaare zu erzeugen (die sogenannte "Materie" und "Antimaterie").

Die sichtbaren Wirkungen der Elektrizität und des Magnetismus sind schon seit dem griechischen Altertum bekannt. Das Wort "elektron" bedeutete eine Mischung aus Gold und Silber, aber auch den goldgelben Bernstein, der durch Reiben die Fähigkeit erhält, leichte Körper anzuziehen. Die Geschichte des Magnetismus beginnt ebenfalls in Grossgriechenland, nämlich in der Kolonie von Magnesia, wo schon im 6. Jahrhundert vor Christus die Anziehungskraft eines dort aufgefundenen Minerals - genannt "he Magnètis lithos", der Stein von Magnesia, der magnetische Stein - entdeckt wurde. Die magnetischen Eigenschaften können leicht aufgezeichnet werden, wenn man einen weissen Karton über die beiden Magnetpole legt und feine Eisenfeilspäne darüber streut. Erschüttert man nun den Karton etwas mit den Fingern, so ordnet sich der Eisenstaub in regelmässigen Figuren an, welche den *Kraftlinien des magnetischen Feldes* folgen. Es ergibt sich also ein sichtbares Bild als Wirkung von unsichtbaren Ursachen, eben der Strukturen des magnetischen Energiefeldes. Das heisst also: Der Raum, das Feld ist in der Umgebung von Magnetpolen anders, mehr geordnet strukturiert als in Abwesenheit von solchen physikalischen Quellen.

Eine wichtige Unterscheidung zwischen Magnetismus und Elektrizität besteht darin, dass ein Magnet - so klein er auch sei - immer zweipolig ist, während die Elementarladungen der Elektrizität in der Mikrophysik getrennt auftreten: die negativen Ladungen in den Elektronen, die positiven Ladungen in den Protonen, die zusammen mit den Neutronen die Atome der "materiellen" Welt bilden, in der wir leben. In einer aus "Antimaterie" zusammengesetzten Welt wären die Vorzeichen vertauscht, die Protonen negativ und die Elektronen positiv geladen. Die Bezeichnungen "positiv" und "negativ" haben natürlich nicht das mindeste mit einer HEGELschen Dialektik zu tun, sondern wollen einfach besagen, dass im Magnetfeld positiv geladene Teilchen nach rechts gehen und negativ geladene Teilchen nach links. "Materie" und "Antimaterie" ist eine sehr unglücklich gewählte Benennung für Komplementärteilchen, die immer zusammen – paarweise - auftauchen und verschwinden.

Natürlich haben die Physiker - in ihrem Streben nach Vereinfachung der Naturgesetze - in den letzten Jahrzehnten nach magnetischen Monopolen in der kosmischen

Strahlung gesucht; aber bis heute (1978) ist dieses Suchen ohne Erfolg geblieben. Die Naturgesetze sind eben im allgemeinen sehr viel komplizierter, als es sich gewisse wissenschaftstheoretische Theorien einräumen, wie der Positivismus und Konventionalismus mit seiner "Denk-Ökonomie". Die Methodologie und Theorie der Wissenschaften kann ihre Grundlage eben nur in der Geschichte - vor allem der Gegenwartsgeschichte - der wirklichen Forschung finden.

Die Entdeckung der elektromagnetischen Felder war eines der vielen Verdienste des englischen Buchbinderlehrlings, Chemikers und Physikers Michael FARADAY (1791-1867), in den dreissiger Jahren des 19. Jahrhunderts. Elektrizität und Magnetismus verbinden sich in einer geordneten Wechselwirkung, wenn sie "dynamisiert", in Bewegung gesetzt sind: Jede Veränderung eines elektrischen oder eines magnetischen Feldes erzeugt die Ausbreitung von Wellen, die transversal sind im Hinblick auf die Richtung der Fortpflanzung der Wellen. Die mathematische Theorie dieser Vorgänge wurde in den sechziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts von dem englischen Physiker James Clerk MAXWELL (1831-1879) ausgearbeitet, in einem System von vier Gleichungen mit hoher Symmetrie und Harmonie. Die dritte und vierte der MAXWELLSchen Gleichungen besagen, in die gewöhnliche Sprache übersetzt, folgende Tatsachen:

"Jeder elektrische Strom erzeugt ein Magnetfeld, das senkrecht zu seinen Schwingungen oszilliert" und "jeder Magnetstrom verursacht ein elektrisches Feld, dessen Schwingungen senkrecht zu denen des magnetischen Feldes stehen". In den Gleichungen von MAXWELL erscheint eine Konstante, symbolisiert mit dem Buchstaben c , die etwas später mit der Lichtgeschwindigkeit identifiziert werden konnte; ihr Wert ist nahezu 300.000 km/sec. MAXWELL selbst erfasste die Idee einer Wesensgleichheit zwischen den elektro-magnetischen Wellen und den Lichtwellen. Acht Jahre nach dem Tode von MAXWELL konnte der deutsche Physiker Heinrich Rudolph HERTZ (1857-1894) die Identität der elektromagnetischen und der Lichtwellen experimentell nachweisen. Genauer gesagt: Ein winzig kleiner Teil der elektromagnetischen Schwingungen, die das Weltall erfüllen, ist sichtbares Licht. Die Gesamtheit der elektromagnetischen Wellen reicht von einer Wellenlänge von vielen Kilometern (Langwellensender) bis zur harten Gammastrahlung mit einer Wellenlänge von 10^{-12} mm, das heisst, der billionste Teil eines Millimeters. In diesem Ozean von Wellen nehmen die dem Licht entsprechenden Wellenlängen nur ein Intervall von etwa dreimal dem zehntausendsten Teil eines Millimeters ein, nämlich zwischen 0,0007 mm Wellenlänge (entsprechend der roten Farbe) und 0,0004 mm Wellenlänge (entsprechend der violetten Farbe). Es ist unvorstellbar auszudenken, wie unsere Weltwahrnehmung und Weltanschauung sich ausdehnen und verändern würde, wenn unsere Augen nicht nur für diesen ganz geringen Ausschnitt, der dem sicht-

baren Licht entspricht, sondern für mehr oder sogar für alle elektromagnetischen Schwingungen empfindlich wären. Denn das unermesslich grosse, aber dennoch endliche Weltall ist ganz erfüllt von dem realen Kontinuum der energetischen Felder. Die in den letzten Jahrzehnten entwickelte neue Wissenschaft der Radioastronomie gibt den Beweis dafür. Aber auch die Augen der Astronomen und Astrophysiker können heute mit Hilfe der riesigen Spiegelteleskope von Mount Palomar und Mount Wilson in Kalifornien Sternsysteme bis zu Entfernungen von Hunderten von Millionen Lichtjahren sehen; und das ist bereits der zehnte bis hundertste Teil des Weltradius. Es muss also eine physikalische Wirklichkeit geben, die zwischen den Augen des Astronomen und den Sternen, die er durch solche unvorstellbar weite kosmische Entfernungen hindurch beobachtet, vermittelt; und dieses Medium ist eben das Licht, ein ganz kleiner Teil der elektromagnetischen Felder. Ohne dieses kontinuierliche Medium gäbe es nichts, was zwischen dem Beobachter und den so fernen Sternen wäre; und das zu behaupten, ist natürlich absurd und völlig unwissenschaftlich. Die einfache Schlussfolgerung ist: Es gibt keinen "leeren Raum", denn der wäre gleichbedeutend mit dem Nichts; es gibt aber auch keinen noch irgendwie materiell gedachten "Weltäther" als Träger der elektromagnetischen Wellenschwingungen, sondern "Äther ist jetzt ein Synonym von Feld geworden, im Sinne des vereinigten elektromagnetischen und Strukturfeldes", wie Hermann WEYL in seiner heute noch grundlegenden "Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft" schon 1927 im "Handbuch der Philosophie" vorausgesagt hat.

In diesem Zusammenhang muss ich noch eine kleine, aber ausschlaggebende Berichtigung vorbringen: Ich sprach, der Einfachheit halber, von "sichtbarem Licht". Nun ist natürlich niemals das Licht selber sichtbar, sondern nur die Objekte - Sterne, Himmel, Berge, Meere -, die es beleuchtet. Das Licht selbst ist ein immaterieller, universaler Bote; immateriell in dem Sinne, dass es selbst niemals als solches mit irgendeinem Sinnesorgan greifbar, fühlbar, sichtbar, wahrnehmbar ist.

Sichtbar sind nur die Wirkungen des Lichts: eben die wahrgenommene Welt, die das Licht zu uns bringt, in einer bewundernswerten Formtreue und Beständigkeit: Während die Radio- und Fernseh-Übertragungen, -von menschlicher Wissenschaft und Technik erzeugt-, so oft Störungen und Verzerrungen ausgesetzt sind, bleibt das natürliche elektromagnetische Feld über Millionen und Billionen von Kilometern hin fehler- und makellos. Jedes Atom, jedes Molekül in der Welt, die uns umgibt, ist eine kleine, nach Quantenzahlgesehen organisierte Sendestation, die beiträgt zu der geordneten Wahrnehmung der Formen - die erklärbar ist durch die geometrische Strahlenoptik - , und die beiträgt zu der Wahrnehmung in Farben - erklärbar durch die Wellenoptik - . Die letzte Annäherung an die Wirklichkeit, die Quantentheorie der Wellenfelder und Quanten-

elektrodynamik -in der Frontforschung der letzten Jahrzehnte- erklärt schliesslich die Aktualisierung der Lichtquanten, der Photonen in den vielen Millionen von empfindlichen Zellen auf der Netzhaut unserer Augen, in den photoelektrischen Effekten, die elektromagnetische Wellenfrequenzen in elektronische Impulse im Zentralnervensystem verwandeln. Diese chiffrierten Botschaften werden von einer letzten Instanz übersetzt in die qualitativ wahrgenommene Welt, in der wir leben. Und diese letzte Instanz heisst von jeher und immer: Psyché, Seele, Bewusstsein, Geist, "ich selbst". -

Noch ein weiteres Moment in der Struktur der elektromagnetischen Felder ist von eminenter philosophischer Bedeutung, nämlich die Allgegenwart der Formen in jedem Punkt des Feldes. In jedem Punkt eines Bosonenfeldes können sich beliebig viele Photonen realisieren, gemäss der Bose-Einstein-Statistik; und das ist das mikrophysikalische Analogon zu der Tatsache, dass das Bild des Bleistiftes, den ich jetzt hier hochhebe, virtuell, potentiell, in der Möglichkeit seiner Verwirklichung, im ganzen Raum allgegenwärtig ist; denn jeder kann den Bleistift von seinem Ort aus sehen.

Zweitens: Das *Gravitationsfeld*

Es ist eine wissenschafts-historisch interessante Tatsache, dass zwar das allgemeine, mathematisch formulierte Gesetz für die Schwerkraft von Sir Isaac NEWTON schon 1666 entdeckt und 1687 in seinem grundlegenden Werk "Philosophiae Naturalis Principia Mathematica" veröffentlicht wurde, während das mathematisch isomorphe, strukturgleiche Gesetz für die elektrostatischen und magnetostatischen Anziehungs- und Abstossungskräfte erst: hundert Jahre später von Charles Augustin de COULOMB (1736-1806) aufgefunden wurde, dass aber die Erkenntnis des energetischen Feldcharakters der Schwerkraft erst 1915 dem Genie von Albert EINSTEIN gelang, mit der Aufstellung seiner allgemeinen Relativitäts- und Gravitations-Theorie. Es brauchte eben vorher die Arbeit des 19. Jahrhunderts mit seiner allmählichen Einsicht in die physikalische Wirklichkeit und Wirksamkeit der Energie und der von ihr in struktureller Ordnung aufgespannten kontinuierlichen Felder, zuerst aufgewiesen am elektromagnetischen Feld.

Doch zurück zu NEWTON. Schon mit 23 Lebensjahren hatte er den Grundgedanken seines weltweiten, universalen Gravitationsgesetzes erfasst. Das dritte Planetenbahngesetz, das Johannes KEPLER 1619 in seinem Werk "Harmonices Mundi" eingefügt hatte, besagt, dass für alle Planeten ein konstantes Verhältnis zwischen dem Quadrat der Umlaufzeiten und der dritten Potenz der halben grossen Achsen der Bahnellipsen (angenähert Kreisradien) besteht. Nach der NEWTONschen Mechanik ist nun die Zentrifugalkraft einer Planetenbewegung exakt kompensiert durch die Zentripetalkraft; und wenn das

dritte KEPLERsche Gesetz in diese einfache Formel eingesetzt wird, ergibt sich das NEWTONsche Gesetz für die Anziehungskraft zwischen zwei Massen: Die Kraft ist proportional dem Produkt der Massen und umgekehrt verhältnisgleich dem Quadrat der Entfernung zwischen den beiden Körpern, die in Wechselwirkung zueinander stehen. Zweifellos ist diese Entdeckung Newtons eine mathematische Struktur, die als universales Naturgesetz im ganzen Weltall verwirklicht ist; denn dieses Gesetz bestimmt nicht nur die Bahnen der Planeten um die Sonne, sondern auch alle Bewegungen der Sterne und Sternsysteme, den Lauf des Mondes um die Erde und die dadurch verursachten Gezeiten der Meere, den Wechsel von Ebbe und Flut, aber auch das Fallen eines Apfels vom Baum. (Nach einer netten Anekdote soll dies letztere Ereignis der Anlass gewesen sein, dass Isaac NEWTON über weltweite mathematische Beziehungen nachdachte.)

Die einfache und klare mathematische Struktur des allgemeinen Gravitationsgesetzes war damit wohl erkannt; aber Newton selbst und seine Zeitgenossen Gottfried Wilhelm LEIBNIZ (1646-1716) und Christian HUYGENS (1629-1695) sahen die grossen Schwierigkeiten in der Realbedeutung der Schwerkraft, ihres Wesens und ihrer Ursache. Am Ende der "Principia", im "Scholium Generale", schrieb NEWTON: "Die Ursache dieser Eigenschaften der Schwere habe ich aber noch nicht aus den Erscheinungen ableiten können, und Hypothesen ersinne ich nicht." Da ist das berühmte: "Hypothesen non fingo". Eine "actio in distans", eine unmittelbare und momentane Fernwirkung - zum Beispiel, zwischen Sonne und Erde, im Augenblick über eine Entfernung von 140 Millionen Kilometern hinweg-: das schien unmöglich. In einem Brief an den Theologen Richard BENTZEY schrieb NEWTON: "Schwere muss durch ein *agens* verursacht werden, das fortwährend nach bestimmten Gesetzen wirkt; aber ob dieses *agens* stofflich oder unstofflich ist, habe ich meinen Lesern zur Erwägung überlassen."

Die Physik des 19. und 20. Jahrhunderts ist den zuletzt angedeuteten Weg gegangen mit der fortschreitenden Realerfüllung des physikalischen *Feld*begriffes. Das von NEWTON vorausgesagte *agens* ist nun das *energetische Gravitationsfeld*, eine physikalische Wirklichkeit, die aber immateriell, unstofflich ist in dem Sinne, dass sie mit allen unseren Sinnesorganen nicht erreichbar ist: untastbar und unsichtbar, eine sinnlich nicht wahrnehmbare Ursache von erfahrbaren Wirkungen.

Der Grundgedanke von EINSTEIN war die Äquivalenz von Gravitation und Beschleunigung und somit die Identität von Kraftfeld und Raumstruktur: Jede Masse erzeugt eine "Krümmung" in der Raumstruktur, die sich als Nahewirkung von Punkt zu Punkt fortpflanzt und die durch einen besonderen Formalismus der Differentialgeometrie, die Tensor-Algebra, beschrieben werden kann.

In den letzten Jahren der Forschung trat immer mehr die Bemühung in den Vordergrund, eine völlige Analogie zwischen den elektromagnetischen und den gravitatorischen Feldern nicht nur in der Theorie, sondern auch in der Erfahrung fest-zustellen. Man suchte immer wieder nach Gravitationswellen und Gravitationsquanten - den sogenannten Gravitonen-, in Analogie zu den elektromagnetischen Wellen und den Lichtquanten, den Photonen. Bis heute (1978) sind diese Bemühungen noch nicht durch einen entscheidenden Erfolg gekrönt worden: Das Schwerefeld bleibt immer noch geheimnisvoller als das elektromagnetische Feld.

Um den grossen Fortschritt in der Wissenschaft des 20. Jahrhunderts zu erhellen, mag ein Vergleich mit der Situation im Jahre 1781 genügen, dem Jahr der Veröffentlichung der ersten Auflage der "Kritik der reinen Vernunft" von Immanuel KANT (1724-1804). Der Physiker, Kosmolog und Philosoph von Königsberg schreibt wörtlich (A 8-9, R 12-13): "Es ist also die Erfahrung, worauf sich die Möglichkeit der Synthese des Prädikats der Schwere mit dem Begriffe des Körpers gründet". Heute können wir dieses synthetische Erfahrungsurteil KANTs dahin ergänzen, dass alle Körper nur dann ein Gewicht haben oder schwer sind, wenn ein gravitatorisches Feld um sie herum existiert. Wenn es kein energetisches Schwerefeld gibt, oder wenn sich zwei Schwerefelder gegenseitig ausgleichen -zum Beispiel, das Schwerefeld der Erde und des Mondes-, dann haben alle Körper kein Gewicht mehr, und die Astronauten können einen Raumspaziergang machen und ohne Schwere Im Weltraum herumschweben. Das Kriterium ist immer: "Sublata causa tollitur effectus": Wenn die Ursache weggenommen wird, verschwindet auch die Wirkung. Um ganz genau zu sein: Völlig verschwinden kann auch das Gravitationsfeld - genauso wie das elektromagnetische Feld- niemals und nirgends, denn seine Kraft vermindert sich zwar im Masse des Quadrates der Entfernung, kann aber gerade deswegen nie und nimmer zu Null werden. Somit stehen wir wiederum vor der Feststellung: Das ganze Weltall ist erfüllt von energetischen Feldern.

Drittens: Das materielle Feld

Die Entdeckung des Materiefeldes ist ein wesentliches Ergebnis der Mikrophysik des 20. Jahrhunderts: der Atomphysik, der Kernphysik und der Elementarteilchenphysik. Namentlich das letzte Kapitel -Teilchen und Felder im freien Zustand- bildet das Thema der Frontforschung von heute. Etwa seit 1974 bahnt sich eine "neue Ära der Mikrophysik" an, beherrscht von einer neuen Quantenzahl, genannt "Charm" oder "Triality".

Die Geschichte des Materiefeldes beginnt mit der Entdeckung der Doppelnatur der Teilchen, aus denen sich alle organischen und anorganischen Körper zusammensetzen. Für eine wissenschaftliche Erkenntnistheorie ist es interessant, dass auch dieser Erfah-

rungstatsache -wie so oft in der Geschichte der Physik und der Astronomie, so zum Beispiel bei der Auffindung der Transuranplaneten- die mathematische Idee und Berechnung vorausging: Schon im Jahre 1924 hatte der französische Nobelpreisträger Prince Louis-Victor de BROGLIE in seiner berühmten Dissertation den Begriff der Materiewelle eingeführt. Drei Jahre später (1927) gelang den amerikanischen Physikern DAVISSON und GERMER der experimentelle Beweis, dass auch Materieteilchen -ebenso wie Lichtteilchen, Photonen, Quanten des elektromagnetischen Feldes- eine Doppelnatur aufweisen, das heisst, nicht nur den Charakter von Korpuskeln, sondern auch die Eigenschaften von Wellenschwingungen besitzen.

Ebenfalls noch vor der experimentellen Entdeckung der Beugung von Elektronenstrahlen an Kristallgittern hatte Erwin SCHRÖDINGER seine Wellengleichung des Materiefeldes veröffentlicht: eine homogene partielle Differentialgleichung zweiter Ordnung, die es ermöglicht, nicht nur alle Wellenlängen der von Atomen und Molekülen absorbierten und emittierten elektromagnetischen Strahlungen zu berechnen und zu erklären, sondern auch die Auffindung von neuen, bisher unbekanntem Elementarteilchen vorauszusagen: Der Japanische Physiker Hideki YUKAWA erweiterte die SCHRÖDINGER-Gleichung zu einer Theorie der Atomkernfelder, die als Quanten der Bindungskräfte virtuelle Teilchen voraussagte, die erst viel später (1947) tatsächlich aufgefunden und Pi-Mesonen oder Pionen genannt wurden. Solche "prophetischen Züge" in der neuen Physik -nämlich die Voraussicht künftiger Entdeckungen auf Grund von mathematischen Formen- sind ein starker Beweis für die Realgeltung der Theorien.

Ein anderes Beispiel: Im letzten Kapitel seines Buches "The Principles of Quantum Mechanics" von 1929 linearisierte der damals 27-jährige Paul Adrien Maurice DIRAC die SCHRÖDINGER-Gleichung mit Hilfe des Matrizen-Kalküls, das heisst, er verwandelte die Differentialgleichung zweiter Ordnung in eine Gleichung erster Ordnung. Das Ergebnis war eine Theorie des Elektrons, die Lösungen mit sich brachte, sowohl für negative wie für positive elektrische Ladungen. Drei Jahre später (1932) wurden die Prozesse der Erzeugung und Vernichtung von komplementären Elektronenpaaren -zusammengesetzt aus Positronen und Negatronen- tatsächlich in der kosmischen Strahlung festgestellt. Das war der Anfang der Materie-Antimaterie-Physik, die in der zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts voll entwickelt wurde, seitdem 1955 Owen CHAMBERLAIN und Emilio SEGRÉ in Berkeley/ Kalifornien das Antiproton entdeckten. Die heutige Hochenergiephysik (mit Teilchenbeschleunigern bis zu 400 GeV, -das sind 400.000 Millionen Elektronvolt- in Serpukov bei Moskau, in Stanford und Batavia in USA, in CERN bei Genf) hat endgültig bewiesen, dass es zu jedem Elementarteilchen ein Antiteilchen oder, besser formuliert, ein Komplementärteilchen gibt, und dass immer beide zusammen, in komple-

mentärer, das heisst, sich ergänzender Weise, auftauchen und verschwinden, geboren werden und sterben, in die Energiestrahlung übergehend, aus der sie entstanden sind, gemäss dem mathematischen Strukturgesetz der Erhaltung der baryonischen und leptischen Quantenzahlen.

Die Erzeugung und Vernichtung von Komplementärteilchen, zusammen mit den so vielfältigen Verwandlungen der natürlichen und künstlichen Radioaktivität und allen nach strengen Quantenzahlgesehen offenen Kanälen der Teilchenumformungen, alle diese Ergebnisse der neuen Physik legen die Schlussfolgerung nahe: Die mikrophysikalischen Wirklichkeiten sind keine Dinge, sondern *Energien*, das heisst, Fähigkeiten, Kapazitäten, um *Ereignisse* zu erzeugen, "events" in der Sprache und im Sinne der englischen Naturwissenschaftler und Philosophen Sir Arthur Stanley EDDINGTON und Sir Alfred North WHITEHEAD.

Der Mikrokosmos ist eine Welt in beständigen Transformationen: Energien verwandeln sich in Massen, und umgekehrt; Wellenbewegungen in partikuläre Aktualisierungen, und umgekehrt. Werner HEISENBERG, der mathematische Physiker, hat wohl am meisten zum wissenschaftlichen Aufstieg des 20. Jahrhunderts beigetragen: 1921, im Alter von Jahren, entdeckte er die Grundlegung der Quantenmechanik; 1925, das Prinzip der Komplementarität, irrtümlich oft "Unbestimmtheitsrelation" genannt; 1932, die Zusammensetzung der Atomkerne aus Protonen und Neutronen; in der zweiten Hälfte seines Lebens und unseres Jahrhunderts: die einheitliche Feldtheorie der Elementarteilchen. - Werner HEISENBERG, dessen Schüler ich bin mit grosser Dankbarkeit für die lange Zeit, die er mir schenkte für unsere physikalisch-philosophischen Diskussionen, schreibt in seinem Buch "Introduction to the unified field theory of elementary particles" (New York, 1966): "Die Energie kann zur Materie werden, indem sie die Form von Elementarteilchen annimmt. Die verschiedenen Elementarteilchen können als verschiedene Formen betrachtet werden, in denen die fundamentale Substanz, die man Materie oder Energie nennen mag, existieren kann."

Was ist aber Energie? In der Wissenschaft der Physik wird Energie definiert als die Fähigkeit, eine Arbeit zu leisten; und Arbeit ist eine Kraft, die längs eines Weges wirksam wird. Kraft ist schliesslich in der Physik die Ursache jeder Änderung einer Bewegungsgrösse. Eine sehr klare und genaue Definition verdanke ich meinem Lehrer in theoretischer Physik, Fritz BOPP, dem Ex-Präsidenten der Deutschen Physikalischen Gesellschaft: Ein energetisches Feld ist ein "Inbegriff von physikalisch *möglichen* Wirkungen". Werner HEISENBERG sprach in seinen Gifford-Vorlesungen über "Physik und Philosophie" (Kap. X) von einer "objektiven Tendenz oder Möglichkeit, einer 'Potentia' im Sinne der Aristotelischen Philosophie". Ein anderer befreundeter Kollege der

Universität München, der Chemiker Hans Georg GRIMM, nannte mir den bezeichnenden Ausdruck "*Energie-Strukturen*" oder "*strukturierte Energien*" als Wesen der Felder, die die Welt um uns bilden. Wir können nunmehr die Ergebnisse zusammenfassen:

Erstens: Die drei elementaren oder fundamentalen Felder der physikalischen Wirklichkeit können "*immateriell*" genannt werden in dem Sinne, dass sie prinzipiell niemals sinnlich wahrnehmbar, sondern nur aus ihren Wirkungen logisch erschliessbar sind, als unsichtbare Ursachen von sichtbaren Wirkungen. Das Licht und das elektromagnetische Feld als Mittel unserer Kommunikation mit der Welt als solches ist unsichtbar und un-tastbar; sichtbar sind die Sterne, die es aus-senden, und die Dinge, die es beleuchtet. Das Schwerefeld hat keine Schwere: Wenn es Gravitationsquanten gibt, haben sie sicher die Masse Null, wie die Lichtquanten die Photonen. Das Materiefeld, das Fermionen erzeugt - Teilchen, die dem Ausschliessungsprinzip von Wolfgang PAULI und somit der Fermi-Dirac-Statistik gehorchen - ist als solches immateriell: nicht greifbar mit unseren Händen und Sinnesorganen, wohl aber dem Logos des Geistes erschliessbar in seinen Strukturen.

Die Fachsprache der Physiker benennt dieselbe Tatsache mit dem Namen der "*Nicht-Objektivierbarkeit*" der mikrophysikalischen Felder und Teilchen. Diese inneren Quellen der Körperwelt, des Universums, in dem wir leben, können als solche nicht "objektiviert" werden wie die Atome des DEMOKRIT und seiner Nachfolger: wie winzig kleine Kugeln oder Bausteinchen, die wir berühren könnten, wenn unsere Hände genügend klein wären. Die mikrophysikalische Wirklichkeit von heute ist aber grundsätzlich und ihrem Wesen gemäss nicht mit Händen greifbar; und das ist der Sinn ihrer Immaterialität und Nicht-Objektivierbarkeit.

Zweitens: Ein Zugang zur Erfassung des Wesens der energetischen Felder ist am besten möglich durch ein Studium des geschichtlichen Fortschrittes im wissenschaftlich-philosophischen Denken. Der Anfang war zweifellos die "*dýnamis*" von ARISTOTELES, mit ihrer doppelten Bedeutung von Möglichkeit und Kraft. Aber Aristoteles, in seiner hauptsächlich biologischen Orientierung, kannte noch keine inneren Kräfte in der anorganischen Wirklichkeit. Erst im 6. Jahrhundert nach Christus erfasste der bedeutende byzantinische Aristoteles-Kommentator Johannes PHILOPONOS die Idee einer "*endotheisa dýnamis*", einer inneren Kraft, welche die Bewegungen aller Körper lenkt. Diese Idee wurde in der ganzen östlichen und westlichen mittelalterlichen Philosophie diskutiert mit den Namen *mayl* bei den Arabern, *impetus* und *vis impressa* bei den Franzosen und Italienern. Franciscus de MARCIA, Johannes BURIDANUS und die Deutschen Marsilius von INGHEN und ALBERT von SACHSEN waren im 13. und 14. Jahrhundert ihre Vermittler. Es war aber noch ein weiter Weg bis zur Klarheit der Erkenntnis der

"quantitas motus", der "quantité du mouvement", der Bewegungsgröße bei René DESCARTES, und der "vis viva", der lebendigen Kraft bei Gottfried Wilhelm LEIBNIZ, die dem modernen Energiebegriff sehr nahe kommt. Noch weiter und entscheidender aber war der Weg bis zur neuen Physik des 19. und 20. Jahrhunderts. Körper, die sich unter dem Einfluss von Kräften bewegen: das ist eine allbekannte Tatsache der klassischen Physik. Aber *reine Kräfte*, energetische Felder ohne irgendeinen "Träger", ohne irgendeine Stütze in materiellen Korpuskeln oder einem materiellen "Medium", das ist die neue Botschaft der Physik. Die inneren Quellen und Gründe der materiellen Welt sind selbst immateriell, das heisst, unsichtbar und ungreifbar.

Drittens: Die Benennung "*Energie-Strukturen*" kennzeichnet hinreichend den entscheidenden Unterschied, der die heutige Mikrophysik von dem antiken Atomismus des LEUKIPPOS und DEMOKRITOS trennt. Die starren, unveränderlichen, unzerstörbaren Atome der Antike sind durch beständige energetisch-dynamische Umwandlungen ersetzt; aber diese Umformungen erfolgen nicht chaotisch-ungesetzlich, dem blossen Zufall überlassen, wie die Bewegungen und Zusammenstösse der Atome bei DEMOKRIT und seinen Nachfolgern, sondern sie sind strengen Gesetzen unterworfen. Die Energien sind strukturiert, sie folgen einer *rational einsichtigen Ordnung*.

Die Leistungen der drei Arten von Energie-Strukturen sind klar erkennbar und können auch in finaler Ordnung betrachtet werden:

Die *elektromagnetischen Felder* sind die Ursache der *Wahrnehmbarkeit* der Welt und aller Dinge und Vorgänge in ihr; denn ohne das Licht, die Radiowellen, die kosmischen Strahlungen gäbe es keine Kommunikation mit dem Universum.

Die *Gravitationsfelder* sind die Ursache dafür, dass es zumindest einen Planeten – unsere Erde- gibt, auf dem ein körpergebundenes seelisches Leben möglich ist. Ausserdem sind sie die Ursache dafür, dass die Dinge Schwere haben und an ihrem Ort bleiben.

Die *Materiefelder* sind die Ursache dafür, dass es überhaupt Dinge gibt: Sterne, Planeten, Minerale, Kristalle, Moleküle, Atome - Dinge, die einen inneren Zusammenhalt nach bindenden Gesetzen haben-; und dass die etwa 10^{80} Elementarteilchen im Universum nicht schon längst und immer in statistischer Gleichverteilung überall hin wahl- und regellos verstreut sind.

Es ist ganz natürlich zu vermuten, dass auch im Bereich des Lebens, in der ontogenetischen und phylogenetischen Entwicklung der Organismen, ähnliche strukturierte Energien - *vitale Felder* - wirksam sind, um die zweifellos bestehende Teleonomie der Evolution zu garantieren. Ob die biologischen und biochemischen Wissenschaften die Strukturen der Felder, welche die organismischen Ganzheiten

konstituieren, jemals analysieren werden, wie die Physik ihre sehr viel einfacheren Energie-Strukturen wenigstens grundsätzlich erkannt hat, bleibt eine Aufgabe der Zukunft.

Wir kommen damit zum Schluss: Wenn schon die Einzelwissenschaften - wie die Physik - die unsichtbaren Ursachen sichtbarer Wirkungen suchen: wieviel mehr ist dieses Ziel die Aufgabe der Philosophie als der "Wissenschaft der Wissenschaften", die sich um eine Gesamt- und Letzt-Erklärung der erfahrbaren Wirklichkeit zu bemühen hat. Die Frage ist klar: Was unterscheidet nun Einzelwissenschaften und philosophische Wissenschaft? Meine Antwort ist ebenso klar und bestimmt: Es ist die einzige Unterscheidung, die wir direkt und unmittelbar aus unserer Existenz und Grunderfahrung entnehmen können. Es ist die evidente Unterscheidung zwischen unserer personalen Existenz und dem ganzen übrigen Universum; die natürliche Unterscheidung zwischen: "Ich bin" und "es ist etwas".

"Ich bin", der Mensch als geistige Person, transzendiert wesentlich jede physikalische Wirklichkeit der Naturwissenschaften. "Ich bin, ich fühle, ich vernehme, ich denke, ich leide, ich will" - das Wesen der personalen Existenz wird niemals erreicht von den Einzel- und Naturwissenschaften. Vielleicht sagt Geisteswissenschaft und Philosophie eines und dasselbe. Die Unterscheidung von Wilhelm DILTHEY ist vollkommen klar: "Den Geist verstehen wir, die Natur erklären wir." Wenn die einzelnen Wissenschaften diesem personal autonomen Denken Freiheit geben, der Liebe zum Wissen, was die wörtliche Definition der Philosophie ist, dann ist der Weg frei für eine wirkliche und wahrhaftige Philosophie der Wissenschaften.