

WIRKLICHKEIT IM LICHT DER MODERNEN NATURWISSENSCHAFT (mit besonderer Berücksichtigung der ATOMPHYSIK und QUANTENMECHANIK) *

"In Wahrheit ist das, was die Wissenschaft erlebt und herausgegeben hat, eine Eigenschaft von Gottes Werk und muss vom Glauben heimgeholt werden. Dieser muss - als Glaube - mündig werden, indem er jenen Ernst in sich aufnimmt."

Dieser Gedanke Romano GUARDINI¹ spricht das Programm und Ziel aus, dem ich diese Zeilen gewidmet habe. Und um Gehalt und Fassung meiner Überlegungen darzustellen, möchte ich GUARDINI nochmals zitieren: "Die Welt kann aber auch so erfahren werden, dass ihr Eigentliches erst in der Begegnung mit den Menschen und Dingen herauskommt. Dann ist zwar schon in den Dingen wie auch im Innern des Menschen *Ordnung*. Diese reicht aber nicht hin, um die Welt im eigentlichen Sinne zu begründen; die *entsteht erst im Raum der Bewegung*. 'Welt' ist hier also kein fertig-Gegebenes, sondern etwas, was *immerfort aufleuchtet, immerfort wird*. Diese Auffassung scheint uns die richtige."

Unser Zeitalter kann unstreitig als *wissenschaftliche und technische Epoche* charakterisiert werden; und das ist vielleicht das einzig Positive, was man unserer Ära nachsagen kann. Es braucht wohl kaum betont zu werden, dass ich deshalb durchaus überzeugt bin, keinen Verrat an der Wahrheit zu begehen, wenn ich diese Überlegungen auf den Forschungen und Erkenntnissen der modernen "exakten" Naturwissenschaften basiere und mich erst nach einiger Material-Sammlung an die eigentliche Aufgabe wage: den *Brückenschlag* von den Grundwissenschaften zur Philosophie und Religion - ein Gebiet, das seit Jahren eine unwiderstehliche Anziehungskraft auf mich ausübt.

Einen bei weitem noch nicht ausgeschöpften interessanten Bereich eröffnen die Einflüsse der heutigen PHYSIK, insbesondere der Kernphysik und Quantenmechanik, auf das philosophische Weltbild. Hier liegt geradezu die Zukunftsaufgabe der Philosophie.

Ich bitte um Nachsicht, wenn die folgenden erzwungenermassen nur streiflichthaften und unvollständigen Betrachtungen über dieses Problem in ein etwas persönliches Gewand gekleidet sind: ich möchte damit nur betonen, dass es sich hier

* Manuskript, München 1958.

¹ Romano Guardini: *Welt und Person*, Würzburg 1939, S. 27 u. 83.

nicht um feststehende Erkenntnisse handeln kann, sondern nur um persönlich-hypothetische Gedanken-Versuche².

Lange Zeit baute sich mir der rein sinnhafte traditionelle naiv-realistische *MATERIE-SUBSTANZ-BEGRIFF* wie eine Glasmauer als Hemmnis vor unlösbar scheinenden Rätseln auf. *Wirklichkeit* schien mir vor allem das *Sinnenfällige* zu haben, *das Stoffliche*, das durch die Ingredienzien von Ausdehnung, Masse, Gewicht, Trägheit, Gestalt, Härte, Undurchdringbarkeit, Farbe, usw. hinreichend charakterisiert erscheint - oder in der geistvoll-anschaulichen Darstellung des englischen Physikers und Denkers Sir Arthur Stanley EDDINGTON in seinen "GIFFORD-Vorlesungen" an der Universität EDINBURGH³: "Auf der Bühne des täglichen Lebens ist die Substanz gleichsam der Hauptakteur... Die Kulissen bilden Raum und Zeit, durchsetzt von Kräften und nicht konkreten Agenzien zur Unterstützung des Hauptdarstellers. - Bitten Sie irgend jemand, der nicht gerade Philosoph oder Mystiker ist, er möge ein typisches Beispiel für etwas *Reales* nennen: sicher wird er etwas *Konkretes* wählen. Die Frage, ob *Zeit* real ist, wird er vielleicht nach einigem Zögern mit ja beantworten; doch wird er das unbestimmte Gefühl haben, dass ... man ihn damit habe irgendwie hineinlegen wollen."

Diese herkömmliche unkritische Weltbetrachtung verstrickt aber alles in eine Legion von Widersprüchen und Aporien: Wie ist z.B. dann die geheimnisvoll-mysteriöse Wirkung und das Wesen dessen zu fassen, was die klassische Physik „*Kraft*“ nennt? Die Kraft erscheint dann gegenüber dem Stoff lediglich als eine *Abstraktion*, eine rein nominalistische oder konzeptualistische Begriffsbildung und Benennung, die der menschliche Geist in sich auf Grund der Denk-Kategorie der Kausalität entwirft und auf die Folie der Aussenwelt projiziert; denn sichtbar und fassbar - also konkret und daher "real", "dinghaft" ist nur die Materie und ihre *Bewegungen* und *Veränderungen*, ihr Werden und Ent-Werden. Und aus diesen Wandlungen des Stoffes wird dann nach dem logischen Postulat des (zunächst einmal rein geistig-aprioristischen) Ursache-Wirkungs-Prinzips aus dem Vorgang, dem Ereignis die diesem "*zugrundeliegende Kraft*" (im weiteren dann die "Energie", das "Feld", das "Potential", usw.) hypostasiert wie der Flaschengeist in 1001 Nacht.

Diese offensichtliche *petitio principii* mit der Einführung des klassischen Kraftbegriffs hat schon Isaak NEWTON klar erkannt, wenn er an BENTLEY schreibt: "...

² Erich Rothaker, Vom Sinn der Wissenschaft, S. 27-28, Köln 1943: Die Frage nach dem Warum, d.h. die KAUSALFRAGE NACH URSACHE UND WIRKUNG, Klarheit, Einfachheit der Formel, Beweis und Kritik... sind Bedürfnisse jedes geistig gesunden Menschen,... tragende Säulen des Wissens.

Sie alle aber schliessen sich zusammen in der Idee der WAHRHEIT, die erst recht ein Bedürfnis jedes Menschen ausspricht;... und das von diesen Wissenschaften erarbeiteten mit rein philosophischem Denken als zeitlos gültige Wahrheit aufzuzeigen ist sinnvoll, ja notwendig.

gerade diesen Anspruch erhebe ich *nicht*, dass mir die Ursache der Schwerkraft bekannt sei. - Schwere muss durch *irgendein Agens* hervorgerufen sein, das ohne Unterlass nach bestimmten Gesetzen wirkt. Ob aber dieses Agens *materiell oder immateriell* sei, das habe ich meinen Lesern zur Erwägung überlassen."

Völlig ins Rätselhafte aber erwachsen in der klassischen Physik Erscheinungen wie das Phänomen der *actio in distans*, der Fernwirkung z.B. gerade der Gravitationskraft selbst über ein völliges Vakuum hinweg, oder etwa das Problem des Schwerpunkts, der ja auch ausserhalb des betreffenden Körpers irgendwo im "Äther" liegen kann - um nur zwei typische Beispiele der Hilflosigkeit der "Wissenschaft" gegenüber der menschlichen Urfrage nach dem Sinn und Wesen heranzuziehen.

Wenn aber schon die "Kraft" im klassisch-physikalischen Sinn nur als Denknötwendigkeit gedeutet werden kann, was ist dann ein "Naturgesetz", eines jener "ewigen und ehernen" unentrinnbaren Schemen des Naturwirkens? Doch wohl kaum mehr als eine *Verallgemeinerung* einer Reihe von augenscheinlich parallelen und identischen "Kraftwirkungen", die zunächst rein empirisch, meist experimentell festgestellt waren und dann in allgemein gültige Normen für alle Zeiten und Fälle verabsolutiert wurden.

Allmählich aber - besonders im XIX. Jahrhundert - vermehrten sich die Imponderabilien und Rätselaufgaben in der Physik mit unbequemer Vehemenz. Doch das tat nichts; man hielt sich an Ernst HAECKELs Lösung: "*Impavidi progrediamur!*" und hoffte zuversichtlich, mit den gleichen Methoden dereinst wohl auch noch das "Wesen" und die "wahre Natur" etwa der elektrischen Feldstärke oder des sagenhaften Äthers (als imaginäres Medium der Hertzschen Wellen) erklären zu können; oder auch die merkwürdige Tatsache der "Minimalgesetze", der Bewegungen längs der "geodätischen Linien", der kürzesten Verbindungen zwischen zwei Punkten und dgl. Bald erhielten immer mehr solche undurchschaubaren Grössen die "Anwartschaft" auf spätere Explikation - bis dann dies Verfahren nicht mehr ganz geheuer erscheinen musste. Als sich nämlich böswilligerweise auch vorher ganz anschauliche Dinge wie Licht und gar Materie gleichsam von selbst auf die Liste der "Erklärungs-Anwärter" zurückzogen und damit zu verschwimmen und sich zu verflüchtigen begannen.

So zeichnet sich ungefähr die Situation ab, als LENARD 1903 seine Versuche über die Ausbreitungsweise der *Kathodenstrahlen* (also schneller Elektronen-Strahlen) beim Durchgang durch die Materie anstellte und zu der epochalen Erkenntnis kam, dass

³ A. S. EDDINGTON, *The Nature of the Physical World*, Deutsch: *Das Weltbild der Physik*. Verlag Vieweg, Braunschweig 1939, S. 268 u. 269.

beispielsweise "ein Kubikmeter festes Platin *leer ist* in dem Sinne, wie etwa der von Licht durchzogene Himmelsraum leer ist."⁴

Vorwärts drängte vor allem der eigentliche Begründer der Atomphysik Ernest RUTHERFORD, der mit seinen Schülern GEIGER und MARSDEN planmässige statistisch-quantitative Untersuchungen der Streuung von Alphateilchen (also von Heliumkernen) durch dünne Goldfolien hindurch vollzog. Das Ergebnis liess ihn dann sein berühmtes *Atommodell* (1911) als ein ins unendliche verkleinertes Planetensystem mit dem Atomkern (aus Protonen aufgebaut) als "Sonne" und den rastlos kreisenden Elektronen gleichsam als Satelliten konstruieren. Zwei Jahre später schlug der dänische Physiker Niels BOHR sein Atommodell mit Einbeziehung der PLANCKschen Quantenregel vor - und damit war der Stein ins Rollen gebracht und das Tor geöffnet für die rasche, revolutionäre Entwicklung der modernen Physik.

Diese völlige Umwälzung, diese "Umwertung aller Werte" im wahrsten Sinne des Wortes im Hinblick auf das physikalische Weltbild hat EDDINGTON mit den einprägsamen Sätzen geschildert: "Wenn ich heute Ausdrücke der Empörung über den "Bolschewismus" moderner Naturwissenschaft und der Sehnsucht nach der alten, wohlgegründeten Ordnung vernehme, kann ich mich des Gedankens nicht erwehren, dass der wahre Schuldige RUTHERFORD und *nicht* EINSTEIN heisst. Der grösste Wandel besteht nicht in der Umordnung von Raum und Zeit, sondern in der Auflösung *alles dessen, was wir als durch und durch fest angesehen hatten, in winzige Teilchen*, die im Leeren schweben... Die Offenbarung der modernen Physik über die *Leere im Atom* rüttelt die Geister noch stärker auf als die Offenbarung der Astronomie über die *ungeheure Leere der Sternenwelt*. Mein wissenschaftlicher Tisch besteht zum grössten Teil *aus Leere*. *Spärlich eingestreut* in diese Leere sind zahlreiche *elektrische Ladungen*, die mit grosser Geschwindigkeit hin und her sausen."

Wir wollen davon für später nur festhalten: schon RUTHERFORD und BOHR haben an dem wissenschaftlichen Urgrund der Materie so gut wie *nichts Materielles mehr* gelassen; das Atom besteht eigentlich nur aus *Leere und aus elektrischen Ladungen*, die nach dem MOSELEYschen Gesetz (1913) allein die Unterscheidung der einzelnen *Elemente begründen*.

Doch damit war nur das erste Wetterleuchten einer stürmischen und über alle Massen aufregenden Entwicklung bis zum völligen Umsturz des physikalischen Weltbildes gegeben. Zum besseren Verständnis und als Richtungsweiser des Folgenden will ich einen Gedanken vorausschicken:

⁴ Annalen der Physik 1V, 1903, 12, 5.739. A, S. EDDINGTON, a.a.O. S.9 u. 5.2.

Der ewige Forschungsdrang und das Erkenntnisstreben des Menschen gilt doch letzten Endes dem, was *wirklich ist* und dem, was *wirklich wird*. Nun liess mich schon seit Jahren der Gedanke nicht mehr los, dass *nicht das, was sichtbar ist, sondern das, was sichtlich wirkt*, im eigentlichen Sinne "wirk-lich" und "tat"-sächlich ist. Unsere deutsche Sprache kommt uns besonders entgegen mit dem Ausdruck "Wirklichkeit". Während viele andere Sprachen eine solche Deutung erschweren: der Begriff "*Realität*" z.B. in allen romanischen Sprachen (fr. *réalité* sp. *realidad*, it. *realtà*, usw.) und im Englischen (*reality*) drückt lediglich das "Dinghafte" (von lat. "res"), also das Greifbare, Stoffliche aus. Näher kommt dem Wesentlichen schon der Begriff "Faktizität" und "Aktualität". Die klarste Sinnbetonung aber schwingt in dem *aristotelischen* Wort für "Wirklichkeit": "*EN-ERGEIA*", dem "*In-sich wirksam-SEIN*" als dem "eigentlichen Sein".

Damit ist aber der Schwerpunkt des Wirklichkeitsproblems schon aus dem Bereich der *Materie* fortgerückt in den Bannkreis des *energetischen Kraftfeldes* ("Energie" hier im physikalischen, *nicht* im aristotelischen Sinn verstanden). *Der Kraftbegriff kann doch nicht bloss anthropomorph* sein, eine Form *menschlichen Denkens*, -wie er in der klassischen Physik erscheint-, und also damit (um eine paradoxe und zugespitzte Darstellung zu wagen) *in sich "kraftlos"* sein. Oder nach EDDINGTONs Formulierung: "Niemand denkt daran, irgendetwas aus dem vollkommenen *Nichts* zu formen und sei es auch nur ein so relatives und schwer fassbares Ding wie *die Kraft!*"

Damit ist die Frage nach dem *Hintergründigen*, dem *Eigentlichen*, dem *Wesentlichen* aufgeworfen - eben nach der "*OUSIA*" des Aristoteles. Diese Frage nach dem, was z.B. Stoff und Kraft *nicht de iure*, also der Konvention und Festsetzung nach darstellen, sondern was sie *de facto*, also tatsächlich und wirklich *sind*. Das heisst, die Frage nach dem *inneren Wesen des Seienden* führt uns schliesslich über die wissenschaftliche Forschung hinaus. Denn "wenn wir die Eigenschaften eines Körpers mit Hilfe physikalischer Grössen beschreiben, so vermitteln wir eine Kenntnis, die nur davon handelt, wie die verschiedenen metrischen Indikatoren auf das Vorhandensein des betreffenden Körpers reagieren, und *von weiter nichts*." Daher auch EDDINGTONs Feststellung: "Unsere Körper sind uns ein grösseres Geheimnis als unser Geist."

Erst die Beschäftigung mit der Entwicklung der Physik im letzten Jahrzehnt, insbesondere der Kernphysik, der Wellen- oder der Quanten-Mechanik und (cum grano salis) mit der Relativitäts-Theorie brachte mir einige Aufhellung in die skizzierten Problemkomplexe.

Als Basis für unsere Betrachtungen möchte ich vor allem folgende "*Bausteine*" erwähnen:

1.1 Die DOPPELNATUR DES LICHTS

Durch die Forschungen von HUYGENS, YOUNG und FRESNEL, durch die theoretisch-mathematischen Darstellungen von James MAXWELL und vor allem die experimentellen Ergebnisse von Heinrich HERTZ (um nur einige Namen herauszugreifen) schien bis zum Ende des vorigen Jahrhunderts die Theorie vom Licht als *elektromagnetische Transversalwellen* - "menschlich gesprochen, *Gewissheit*" (wie Hertz sich 1899 auf einem Naturforschertag in Heidelberg äusserte). Aber kaum festgelegt, wurde diese "menschliche Gewissheit" schon wieder umgestossen, überlagert und ergänzt durch die Theorie der "*korpuskularen*", *also materiellen Natur des Lichts*; was aber kein Zurückgreifen auf NEWTONs Emissionslehre bedeutet. Richtungweisend werden besonders die Ergebnisse der PLANKschen Quantentheorie, dann die bahnbrechenden Untersuchungen des Münchner Altmeisters Arnold SOMMERFELD, und der experimentelle Nachweis des sogenannten *photoelektrischen Effektes*" (COMPTON 1925). Durch die Erkenntnis der Wirkung eines Lichtstrahles an Materie, der Ausstossung von Elektronen durch "*Lichtquanten*", die sog. *Photonen*⁵ war ein Vorgang entdeckt, der dann technisch in der "Photozelle" (Selen-Zelle) in der Bildtelegraphie, Photometrie, beim Fernsehen usw. mannigfaltig ausgewertet wird. Solche und ähnliche Versuche waren mit der reinen Wellentheorie des Lichtes nicht mehr zu erklären und erforderten gleichsam eine "Atomisierung" des Lichts, sodass schliesslich Welle und Lichtquant oder (grob gesprochen) "Bewegung" und "Stoff" in eins zusammenfliessen.

1.2. Die DOPPELNATUR DER MATERIE

"Im Jahre 1925 hatte sich der *Mechanismus der herrschenden Theorie* abermals als brüchig erwiesen und einen Neuaufbau dringend erforderlich gemacht. Das BOHRsche ATOMMODELL hatte endgültig *versagt*. Dieses berühmte "Sonnensystem-Modell" war ja von vornherein eine *Kompromisslösung* (von BOHR auch nur als vorläufige gedacht) zwischen klassischer Mechanik und Quantenphysik gewesen: einerseits sollte die *Beschleunigung des Elektrons* bei seinem Umlauf sich nach den *klassischen Gesetzen* der Elektrodynamik richten, sodass also die Ellipsen-Bewegung des oder der Elektronen nach den KEPLERschen Gesetzen erfolgte⁶; andererseits sollte *die Energie-Emission und Absorption* also der *Energie-Austausch des Atoms* mit seiner

⁵ A.S. EDDINGTON, a.a.O. S.204. 7a Ausgewertet wurden diese Erkenntnisse auch von Marco BISCHOF in seinem Buch *Biophotonen. Das Licht in unseren Zellen*. Verlag 2001, Frankfurt/Main, 5. Auflage 1995.

⁶ Und demnach die COULOMBsche Anziehungskraft $K = -ee' / r^2$ gleich der Zentripetalkraft $Z = m v^2 / r = m r \omega^2$ sein mußte; woraus sich die kinetische Energie des Elektrons leicht berechnen ließ: $E_{kin} = m/2 v^2 = mr^2/2 \omega^2$ -und die Gesamtenergie des Elektrons = $E_{kin} + E_{pot} = 1/2 ee' / r$ sich ergibt.

Umgebung nach der PLANCKschen *Quantenregel* erfolgen. Physikalisch ausgedrückt: die Fläche, die der Abbildungspunkt (der Elektronenbahn) im Phasenraum (dargestellt durch die drei Lagen- und drei Impuls-Koordinaten des Elektrons) beschreibt, muss stets ein *ganzzahliges Vielfaches des Wirkungsquantums h* sein.

Anschaulich ausgedrückt hiess das: den Elektronen wurden ihre Ellipsen- bzw. Kreisbahnen um den Atomkern durch die Quantenregel "vorgeschrieben"; es war nur eine begrenzte, "diskrete" Anzahl von Bahnen möglich; jedesmal, wenn das Atom ein Licht- oder sonstiges Energie-Quant "verschluckte", sprang das Elektron auf eine höhere Quantenbahn - während es umgekehrt auf eine niedrigere Quantenbahn zurücksank, wenn vom Atom Licht oder sonstwie Energie - immer portionsweise, diskret als Wirkungsquanten - ausgestrahlt wurde.

Diese Darstellung des Atoms konnte zwar grandiose Erfolge aufweisen - Niels BOHR gelang z.B. an Hand seiner Hypothese die mathematische Bestimmung der berühmten RYDBERG-Konstante und damit die Berechnung der Spektrallinien, wie der Wasserstoff-Spektren (der LYMAN, BALMER-, PASCHEN-, BRAKETT- und PFUNDT-Serie), die auf drei Dezimalen genau mit den experimentell festgestellten Werten übereinstimmen. Dagegen versagte das BOHRsche Atommodell für die Berechnung der sog. *Fein- und Hyperfeinstruktur* der Spektrallinien (der Auflösung einer Linie bei Betrachtung mit höchstempfindlichen Spektroskopen in dicht gepackte Einzellinien (Duplett- oder Multipllett-Spektren). Weiterhin ist es unerklärlich, dass bei der nach der klassischen Elektrodynamik notwendigen, ständigen Energieabgabe nicht die Umlaufbewegung des Elektrons allmählich verlangsamt würde, sodass das Elektron schliesslich gegen den (antipolar positiv geladenen) Atomkern stürzen müsste. - Der englische Physiker und Nobelpreisträger Sir William Henry BRAGG hat diese Antinomien glossiert mit seiner Bemerkung, dass wir die klassische Theorie am Montag, Mittwoch und Freitag anwenden, die Quantentheorie aber am Dienstag, Donnerstag und Samstag - was EDDINGTON die Anspielung entlockt, dass "uns diese physikalische Trennung in... Abteilungen nachsichtiger gegen den Mann stimmen sollte, dessen Weltanschauung an Wochentagen eine andere ist als Sonntags".

So konnte das Spiel der Antinomien und Paralogismen in der "exaktesten aller Wissenschaften" aber nicht weitergehen. Offensichtlich war die "anschauliche" Methode des Modellbaus doch nicht recht geeignet. Möglichkeiten blieben nur zwei: Entweder die stillschweigende Resignation, dass die Wirkungsgesetze im mikrokosmischen Bereich der Atomstruktur für unseren Erkenntnisdrang ein (wenigstens zur Zeit) verschlossenes "Ignoramus" oder gar "Ignorabismus" bildeten - oder aber der kühne Vorstoss in völliges physikalisches Neuland, der Aufbau einer gänzlich neuen, revolutionären Theorie nach grundlegender Umwandlung unserer Denkweise. Würde dem rastlosen menschlichen

Geist dieser grossartige Wurf glücken? Es ist gelungen: Das Verdienst der Pionierarbeit in den Jahren 1924/25 gebührt dem französischen Physiker Louis de BROGLIE und dem deutschen Werner HEISENBERG (später Nobelpreisträger), auf deren Grundgedanken dann die deutschen Physiker, vor allem Erwin SCHRÖDINGER (Nobelpreisträger), Max BORN, Pascual JORDAN, der Däne Niels BOHR und besonders der englische Physiker P.A.M. DIRAC (Professor in CAMBRIDGE) weiterbauten.

Wenn ich es nun zum notwendigsten Verständnis wage, auf wenigen Seiten das ungeheure Gebiet der Quantenmechanik wenigstens andeutungsweise zu skizzieren, bitte ich bei diesem notgedrungenemassen äusserst unvollständigen Unternehmen um Nachsicht.

Die grundlegenden Gedanken von DE BROGLIE in seinen "Untersuchungen zur Quantentheorie" gehen aus von der -gleichfalls hauptsächlich von ihm entworfenen- Alternative *Korpuskel-Welle in der Lichttheorie*. Damit kam DE BROGLIE nun auch zu der Vorstellung einer *Undulation der Materie*; d.h. er fasste jedes Elektron, jedes Materieteilchen auf als das Gruppenzentrum einer Summe *sich überlagernder Wellen*, sodass - wie beim Licht - auch bei den Atomteilchen, den Protonen, Elektronen usw., *Welle und Korpuskel* stets vereint und gekoppelt auftreten.

Zu diesen epochalen Gedanken, dass man jeder bewegten Masse eine Wellenbewegung zuordnen könne, war DE BROGLIE angeregt worden durch einen Analogieschluss zwischen dem mechanischen *Prinzip der kleinsten Wirkung* (dass bei einer Bewegung eines Massepunktes zwischen zwei Punkten A und B das Wegintegral der Geschwindigkeit ein Minimum wird), und dem FERMATschen Prinzip vom kleinsten Lichtweg in der Optik.

Diese anfangs ziemlich skeptisch aufgenommene kühne Hypothese hatte DE BROGLIE schon 1924 in seiner Doktorarbeit niedergelegt. Sie wurde knapp drei Jahre später (1927) durch die amerikanischen Physiker DAVISSON und GERMER experimentell bestätigt: Es konnte gezeigt werden, dass auch Elektronen an geritzten Metallgittern eine Beugung erfahren, die vollkommen der Beugung der Lichtwellen analog ist. Die durch diese Versuche ermittelten Wellenlängen stimmten völlig mit den aus der Formel DE BROGLIEs berechneten Wellenlängen überein (bis auf wenige Prozent Abweichung durch den bei Versuchen unvermeidlichen Fehler-Koeffizienten). *Die bewegten Elektronen haben also eine Wellenlänge von genau angegebbarer Grösse - in demselben Sinn, wie man einer Lichtbewegung eine Wellenlänge zuordnet.*

Weitere Versuche ergaben übereinstimmend, dass es zu allen drei Methoden der *Röntgenstrahlen-Interferenzen* (die x-Strahlen waren ja schon länger als Wellenstrahlen identifiziert worden), von BRAGG, LAUE und DEBYE-SCHERRER das entsprechende

Analogon bei den Kathodenstrahlen (die als Elektronen-, also *Korpuskular-Strahlen* gelten) gibt.

1928 wurden durch ELLET und OLSON, und 1930 durch ESTERMAN und STERN, Experimente über die Reflexion von Atomstrahlen an Kristallflächen von Kadmiurn- (Cd) und Quecksilber- (Hg) Atomen an Steinsalz (NaCl) durchgeführt, die gleichfalls eindeutige Beugungs- und Interferenz-Erscheinungen nachwiesen. Die demzufolge *für ganze Atome ermittelten Wellenlängen stimmten ebenfalls mit der DE BROGLIEschen Wellenzleichung überein.*

Zusammenfassend ist damit - "menschlich gesprochen" (H.HERTZ) - auch für die Materie wie vorher für das Licht die Gewissheit gewonnen, dass Teilchen und Schwingung, *Partikel und Welle*, also letzten Endes Stoff und Energie *eine grosse Einheit bilden.*⁷

2. DIE QUANTEN- UND WELLENMECHANIK

Zur Klärung ist eine gedrängte Zusammenfassung und Charakterisierung der Quantenmechanik, die im (mikropyhsikalischen) Bereich des Atoms der sog. Klassischen Physik den Todesstoss versetzt hat, notwendig. *Typisch für die Quantenmechanik ist die Einführung von Begriffen, die der Anschauung völlig fremd sind und reinen Symbolcharakter tragen.* Während die (NEWTONsche) klassische Physik nur kontinuierliche Zustandsänderungen kennt ("*Natura non facit saltus*"), *treten nun auch diskontinuierliche (sprunghafte) Veränderungen auf;* d.h. im allgemeinen sind nur noch diskrete, also voneinander getrennte Zustandsfolgen möglich. Jedem Korpuskel ist ein Wellenzug zugeordnet, daher auch (ungenauer) "*Wellenmechanik*" genannt. Für die Elementarteile der Materie sind letztlich nur Wahrscheinlichkeits-Aussagen möglich (HEISENBERG).

Ihre Entstehung verdankt diese "Neue Quantentheorie" einer genialen und epochemachenden Arbeit von Werner HEISENBERG im Herbst 1925.⁸ Dieser ging im zweiten Teil seiner "Physikalischen Prinzipien" von *einer Kritik des Modellproblems* überhaupt aus: es hat keinen Sinn, sich das Atom nach RUTHERFORD-BOHR als ein Planetensystem mit den Protonen, Elektronen usw. als winzig kleine Billardbälle oder Stecknadelknöpfe "*vorzustellen*", da wir die Welt der kleinsten Dimensionen niemals wirklich beobachten können und daher eine "anschauliche" "Modell"-Vorstellung *keinerlei Realität* für sich vindizieren kann. Sein Ausgangsgedanke ist also ein *erkenntnistheoretischer* Schritt, also eigentlich philosophischer Natur, der aber durch

⁷ EDDINGTON hat dieses "Etwas", das zugleich Welle und Partikel und dennoch keines von beiden ist, in einer geistvoll-scherzhaften Kompromißlösung "W e l l e" getauft (The Nature of the Physical World, S.201) .

⁸ *Die physikalischen Prinzipien der Quantentheorie*, Verlag S. Hirzel, Leipzig 1930'

eine ganze Reihe von Experimenten und Beobachtungen empirischer Art erhärtet wurde. Auf die auch in philosophischer Hinsicht äusserst bedeutsame "Unbestimmtheitsrelation" werden wir nach erfolgter Materialsammlung im Deutungs-Versuch des 2. Teils dieser Skizzen näher zu sprechen kommen.

HEISENBERG liess darum *nur beobachtbare Grössen* (wie *Wellenlänge* der Spektrallinien, ihre Intensitäten und Polarisations-Zustände, die elektrisch feststellbaren *Energienstufen* der Atome, usw.) in die für das Atom charakteristischen *mathematischen Grundgleichungen* eingehen. Sein Prinzip ist, die periodisch veränderlichen *Koordinaten der Elektronen* (z.B. von Lage und Impuls, Zeit und Energie) im "Atommodell" zu ersetzen durch die *Gesamtheit der Partial-Schwingungen*, deren Frequenzen mit den Schwingungszahlen der vom Atom emittierten Spektrallinien übereinstimmt.

EDDINGTON stellt nun als Beispiel für die mathematische Rechnungsweise der Quantenmechanik die Gleichung dar: $q.p - p.q = i. h/2\pi$

Dieselbe Gleichung bringt DIRAC in seinen "Prinzipien der Quantenmechanik" (S.33, Gleichung 26) als Beispiel für seine "symbolische Algebra der Observablen" in der vereinfachten Form⁹: $q.p - p.q = i.$

Die Ausführungen HEISENBERGS z. B. über die statistische Deutung der Quantentheorie, die relativistische Quantenmechanik, können hier nur erwähnt, aber nicht dargelegt werden.

In analoger Weiterführung der HEISENBERGSchen Unbestimmtheitsrelation wurde durch Niels BOHR, Max BORN und Pascual JORDAN das Prinzip der *Komplementarität* allgemein für jedes quantenphysikalische Gebilde entwickelt: dass nämlich jedes Experiment, das eine Seite hervortreten lässt, zugleich eine andere, "komplementäre" Seite jedem Zugriff der Beobachtung entzieht.¹⁰

Auf einem anderen Weg ist der deutsch-österreichische Physiker Erwin SCHRÖDINGER zum gleichen Ergebnis gekommen.¹¹ Die SCHRÖDINGERSche Wellenmechanik-Gleichung ist eine quantentheoretische Verallgemeinerung der HAMILTON-JACOBI-Differential-Gleichung, die durch den englischen Mathematiker und Philosoph William HAMILTON zur Berechnung der optischen Erscheinungen im kleinen Bereich aufgestellt wurde, wenn sich die Wellennatur des Lichtes auswirkt und daher die geometrische Lichtstrahl-Optik versagt. Mit dieser ist nun die Berechnung der

⁹ Das kommutative Gesetz der Multiplikation gilt hier nicht, d.h. die Grössen des Multiplikatoren und Multiplikatanden sind nicht vertauschbar (sodaß $q.p$ ungleich $p.q$ ist). Die imaginäre GröÙe i (Quadratwurzel aus 1) deutet ganz allgemein das Auftreten von Wellen oder Schwingungen an. Heisenberg erklärt nun die GröÙe q als Matrix d.h. als eine unendliche Zahl von GröÙen, die quadratisch zu einem Bezugs-Schema angeordnet sind, wie auch von BORN, JORDAN und BOHR angewandt. In allgemeiner Form bezeichnet $q = (q(m,n))$ Durch ein solches Matrix-Schema lassen sich z.B. die Spektrallinien des Wasserstoffes darstellen durch eine doppelt unendliche Mannigfaltigkeit von zwei Quantenzahlen,

¹⁰ P. JORDAN: *Anschauliche Quantentheorie*, Springer, Berlin 1936, S. 115-129.

¹¹ E. SCHRÖDINGER: *Der Grundgedanke der Wellenmechanik*, NOBEL-Vortrag in Stockholm am 12. Dez, 1933, Verlag Hirzel, Leipzig.

Atomzustände möglich. Die von HEISENBERG als Matrix gefasste Grösse q bedeutet für SCHRÖDINGER einen Operator - also etwa ein "Signal", dass mit der darauffolgenden Grösse eine bestimmte Operation ausgeführt werden soll.

Der Grundgedanke dieser wellenmechanischen Behandlung des Atomproblems ist die Auffassung des Atoms als ein (sehr komplizierter) Schwingungs-Zustand eines nicht näher definierbaren "Etwas". Der Träger dieser Schwingungen braucht dabei durchaus keine reale Existenz zu haben, sondern stellt nur ein mathematisches Hilfsmittel dar, ähnlich wie die Phasenbewegungen im Phasenraum nicht wirklich (real) sind, sondern nur einer Bewegung zugeordnete Zahlengrößen bedeuten.

Wichtig erscheint mir die Feststellung, dass das tragende Gerüst der SCHRÖDINGERSchen Wellenmechanik ihre mathematische Darstellung ist, während die anschauliche Deutung, die versucht wurde, genauer Überprüfung nicht standgehalten hat. EDDINGTONs scharfsinnige Prophezeiung, dass SCHRÖDINGERS "Wellenpakete" als einzige der drei Varianten der Quantenmechanik (HEISENBERG, SCHRÖDINGER und DIRAC) "einfach" und "anschaulich" genug sei, um gründlich missverstanden zu werden, hat sich bald erfüllt: so z.B. in der voreiligen Annexion und philosophischen Interpretation dieser Theorie durch Bernhard BAVINK in seinen "Naturwissenschaften auf dem Wege zur Religion" (1934).

Trotzdem will ich versuchen, diese Verpflanzung der rein *mathematischen* Wellenmechanik SCHRÖDINGERS in das Gefahrenfeld laienhafter "Anschaulichkeit" kurz darzustellen: In einem dispergierenden, d. h. von *ungleichen* Wellengeschwindigkeiten durchzogenen, imaginären Medium, sozusagen einem "Sub-Äther" (EDDINGTON), schwingt ein ebenso imaginäres und undefinierbares "Etwas" - bezeichnet mit dem Symbol ψ , das von BOHR, HEISENBERG und BORN als "*Wahrscheinlichkeit*" der "*Materialisation*" gedeutet wurde - in verschiedenen frequenten Wellenbewegungen, in Kleinheitsbereichen unterhalb der Schwelle unseres subtilsten Wahrnehmungsvermögens. Ein durch Konvergieren und Überlagerung dieser ψ = Wellen entstandenes "Erregungsgebiet" erscheint dann als materielles Teilchen; ein Atom also als "Beugungsphänomen einer vom Kern gewissermassen eingefangenen Elektronenwelle". Weitere "Schwebungen" und "Überlagerungen" (Heterodyne) erzeugen Licht; und durch Beeinflussung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit durch lokale Verhältnisse "Krautfelder". Die Dualität Korpuskel-Welle (bei DE BROGLIE) ist also bei SCHRÖDINGER einseitig zugunsten der *Wellen* verschoben; die Materieteilchen werden zu einem wellentheoretischen Spezialfall, zu einem Komplex von Wellen überhaupt: zu "Wellenbündeln", "Wellenzentren", "Wellenpaketen", zu elektrischen Schwingungs- und Erregungsfeldern.

Der rein *mathematischen Fassung* von SCHRÖDINGERS Wellenmechanik waren erstaunliche Erfolge beschieden, so z. B. durch die rechnerische Durchdringung und Erhellung der *Ganzzahligkeit* der Energiezustände (durch die "Quantenbedingung") im Atombereich - was KRONECKER den schönen Satz prägen liess: "Die ganzen Zahlen hat Gott gemacht - alles andere ist Menschenwerk". Aber die *Deutung mit dem Kainszeichen der "Anschaulichkeit" war zum Scheitern verurteilt*. Als Gegenbeweis können z.B. die oben beschriebenen Versuche über die Beugung von Elektronenstrahlen gelten: wenn die Elektronen wirklich (nach SCHRÖDINGER) bloss aus Überlagerungen von Wellen "aufgebaut" wären, so könnten diese "Wellenpakete" nach dem Bombardement des Kristalls unmöglich noch in ihren genau "abgestimmten" Schwebungen "zusammenhalten", um weiterhin als Elektronen zu erscheinen.- *Der Begriff der "Materialisation", also der Aktualisierung und Konkretisierung des "Stofflichen", "Dinglichen", Körper- und Substanzhaften aus nichtmateriellen, gewissermassen "vorphysischen", potentiellen, "metaphysischen" konstitutiven Elementen dürfte daher wohl nicht allein vom philosophischen, sondern ebenso vom physikalisch- experimentellen Standpunkt aus ad absurdum zu führen sein.*

Ungleich fruchtbarer und beständiger scheint mir dem gegenüber die von DIRAC, P. JORDAN und V. NEUMANN entwickelte "*statistische Transformationstheorie*" zu sein. Diese tiefen und inhaltsreichen Gedanken gehen grossenteils auf das BOHRsche Korrespondenzprinzip zurück: Aus der Beziehung $E = n \cdot h\nu$ folgerte Niels BOHR, dass für den Limeswert von n (Quantenzahl; kann nur ganzzahlig sein) gegen "Unendlich" die *Energiezunahme* ($= h \cdot \nu$) *im Verhältnis zur Gesamtenergie E immer kleiner wird und sich gegen Null zu bewegt* (bildlich gesprochen: die "Stufen" der Energiezunahme werden immer niedriger und nähern sich einer glatten "schiefen Ebene"). D.h. also, dass die *Energiezunahme für sehr hohe Quantenzahlen kontinuierlich wird und damit die Quantengesetze im Grenzfall in die klassischen Gesetze übergehen.*

Dieser asymptotische Übergang zu einer grossartigen Synthese im Korrespondenzprinzip war (wie P. JORDAN in seiner scharfsinnigen Formulierung schreibt) "eine Anleitung zum Aufspüren der noch unbekanntes Gesetze der Quantenerscheinungen". Es kennzeichnete die Richtung, in welcher BOHRs Forscherinstinkt die zukünftige Theorie suchte... Das Korrespondenzprinzip wandte sich nicht nur an den logischen Verstand, sondern auch an Instinkt und *Intuition* (PASCAL würde sagen: "Esprit de finesse" und "coeur") des Physikers... - Und DIRAC schreibt etwas abstrakter und im Vorwort seiner "Quantenmechanik": "Der Fortschritt in der Physik geht dahin, unsere Gleichungen so zu verändern, dass sie bei immer allgemeineren Transformationen invariant bleiben." Am klarsten aber drückt sich

EDDINGTON aus: "Wir gehen einer vollkommenen Neuordnung unserer gesamten Auffassung der physikalischen Welt entgegen, *die klassische und Quantengesetze einheitlich umfassen wird...* Die Kopenhagener Schule von Niels BOHR sieht in den Quantenphänomenen das *glänzende Scheingerüst von Raum, Zeit und Materie* von selbst in "*Wirkungskörner*" zerbröckeln...". - "Man muss annehmen, dass es in dem neuen Schema entsprechende Begriffe geben wird, die sich bei Zuständen hoher Quantenzahl unseren üblichen Begriffen von Raum und Zeit annähern, irgend etwas, das *in Raum und Zeit übergeht*, wenn die Quantenzahlen unendlich sind..."

Die tiefstinnigste Deutung der Quantenmechanik aber verdanken wir dem genialen englischen Physiker PAUL DIRAC, dessen Denkweise EDDINGTON in voller Zustimmung als "ausserordentlich transzendental, ja fast *mystisch*" bezeichnet. DIRAC wendet sich gegen die Präponderanz und Hegemonie der rein arithmetischen, noch "*anschaulichen*" *Mathematik* in der Betrachtung des Weltganzen. Die "*Matrix*" q ist für ihn ein Symbol ohne jede numerische Interpretation. Ausgehend von der Erkenntnis, die Pascual JORDAN sehr klar formuliert hat: "Die wissenschaftlichen Begriffsbildungen... stellen also nicht etwa einen über die sinnliche Erfahrung hinausgehenden Erkenntnisvorstoss auf das "*Wesen*" der Naturerscheinungen dar, sondern lediglich eine zur Registrierung und Ordnung... *von uns hinzugedachte Hilfskonstruktion*, analog etwa den geographischen Längen- und Breitengraden."

Ausgehend von dieser notwendigen Erkenntniskritik sucht DIRAC die Grundgesetze der exakten Physik in einem nicht-arithmetischen Kalkül zu finden, in symbolischen Ausdrücken, die sich weder durch Masszahlen noch durch Zahlensysteme darstellen lassen und erst bei fortschreitender mathematischer Entfaltung in wirkliche Zahlen übergehen. Ausser bei EDDINGTON und in dem geistvollen Werk des Züricher Professors Hermann WEYL über "Gruppentheorie und Quantenmechanik" wird meiner Ansicht nach DIRACs symbolische Darstellungsart (in "Prinzipien der Quantenmechanik"), die "unmittelbar mit den Grundgrössen (den Transformationsvarianten usw.) arbeitet... und in ihrer abstrakt symbolischen Bezeichnung tiefer in das Wesen der Dinge eindringt", noch viel zu wenig beachtet. DIRAC scheint mir auf einem geraden Weg zur *aristotelischen "Ousia"*, zur *Essentia und Wesenheit* der Phänomene hinzustreben.

Und er macht mir die Wiederaufnahme eines Gedankens möglich, der mich schon lange beschäftigt, der aber durch die klassische Physik vollkommen verschüttet war: nämlich, dass das *Wunder der Qualitäten und Werthaflichkeiten*, der Zauber von Farbe, Licht und Musik, Harmonie und Schönheit niemals bloss quantitativ durch Wellenlängen, Frequenzen und geometrische Verhältnisse zu "erklären" ist, noch viel weniger als subjektive Anschauungsform vom Menschen in die Welt "hineingetragen"

wird. Sondern, dass sie (in uns noch geheimnisvoller Weise) *in den Dingen selbst wesenhaft und immanent geborgen* liegen. Gerade weil die Wertvorstellungen und Werterlebnisse so "subjektiv" sind und von Mensch zu Mensch, Volk zu Volk, Zeitalter zu Zeitalter so erheblich variieren, kann das *Reich der Ästhetik, der Ethik, der Mystik* und schliesslich der *Religion* - eben *aller Sinnwerte* - *niemals im Menschen selbst, im Geist und in der Vernunft allein begründet sein* (also gegen Kant): Die Wahrheit, Reinheit, Schönheit, Einheit, Güte *gehört keinem "mundus intelligibilis"*, sondern dem *mundus sensibilis, der Welt der Wirklichkeit an*. Die Werte und Qualitäten werden von uns nicht erzeugt oder geschaffen, sondern allüberall von aussen her empfangen, aufgenommen, erlebt und *erfühlt*. Was wir hinzutun können, ist lediglich unser Einfühlungsvermögen, unsere Wachheit und Offenheit, *unsere intuitive Hingabebereitschaft an die geoffenbarten Werte* - *an das ewig Wahre, Gute und Schöne, an die "Tranzendentalien des Alls"* (nach THOMAS VON AQUIN), die uns schliesslich aus uns heraus und über uns hinaus in ein göttliches Reich führen.

Wenn wir aus dem Vorangehenden die Quintessenz der *modernen Quantenmechanik* herauskristallisieren wollen, so ergibt sich:

a) Der menschlich verständliche Drang nach einer anschaulichen, gewissermassen greifbaren und handfesten "Erklärung" des Urgrundes der Aussenwelt mit der Methode des "Modell-Begriffes" in Analogie zu unserer sinnhaft-dinglichen Vorstellung - nach dem Schema also: "*Ähnlich wie dies*, nur in *verstärktem* bzw. *verkleinertem* Masse" - so z.B. hat sich als *unhaltbar erwiesen* die Auffassung des elektromagnetischen Äthers als eine Art von "materiellem Ozean", oder die Anschauung des Protons, Neutrons, Elektrons usw. als "winzig kleine, kugel- oder tropfenförmige Massepunkte", oder die Darstellung einer Verdinglichung durch "Überlagerung von Erregungszentren zu Wellenpaketen". Die heutige Quanten- und Atomphysik *beruht auf einer rein symbolischen Basis*.

b) Trotzdem - oder vielleicht gerade deswegen - ergibt sich die erstaunliche Tatsache, dass diese "*symbolische Algebra der Zustände und der Observablen*" in konsequenter Weiterbildung ihrer Differentialgleichungen und statistischen Wahrscheinlichkeits-Rechnungen nicht nur viele vorher ungeklärte oder anscheinend unklärbare atomare Vorgänge ermittelt, sondern dabei auch (auf Grund des BOHRschen *Korrespondenzprinzips* und der DIRACschen *Transformationstheorie*) die Gesetze der klassischen Physik sich herausschälen lässt - also wirklich zu den *Leitgesetzen des Weltganzen, des Kosmos zu führen* scheint.

c) Wenn wir immer tiefer nach dem *Grund aller physikalischen Erscheinungen* schürfen, so müssen wir uns darauf gefasst machen, auf "etwas" zu stossen, was seiner Wesenheit, seinen Qualitäten und Eigenschaften nach ganz *anders und sui generis* ist.

Hier liegt meiner Meinung nach der eigentliche reale und existentielle Urgrund von HEISENBERG's Unbestimmtheitsrelation: nämlich *nicht bezüglich der Kausalität* im mikrokosmischen Bereich, die nur kategorial (hinsichtlich der Voraussagbarkeit) *unbestimmbar* ist, - sondern im Hinblick auf die *innere Struktur der Welt im Kleinsten*, die wirklich in ihrer Existenz nicht nach den Erscheinungen der menschlichen "mittleren" Größenordnung bestimmt ist. Nähere Betrachtung hierüber wird unser "Deutungsversuch" im 2. Teil dieser Untersuchung bringen.

d) Wenn es erlaubt ist, das Fazit der vorangehenden Überlegungen in die gefährliche Formel eines Schlagwortes zu bringen, so möchte ich vorschlagen: das "Innere" und *Eigentliche* der Realität und des Kosmos ist *nicht der Stoff; sondern der Geist*. Dies soll gesagt sein in voller und bewusster Bejahung des platonischen: "αἰὸς θεὸς γεωμετρῆι" und KEPLER's Dithyrambus: "*Ubi materia, ibi geometria*".

3. DER AUFBAU DER ATOME

Eine weitere wichtige Extrapolation für unseren Deutungsversuch der Wirklichkeit ist durch eine kurze Betrachtung des Aufbaus der Atome, besonders der Atomkerne möglich: 1913 war es MOSELEY gelungen, auf Grund der Lage charakteristischer Röntgenlinien einen experimentellen Beweis für die von dem holländischen Physiker VAN DEN BROEK (im gleichen Jahr) aufgestellte Hypothese zu liefern: nämlich dass die *positive Ladung des Kernes* (gemessen in elektrischen Elementareinheiten) *identisch ist mit der* den Chemikern längst bekannten *Nummer des betreffenden Atoms im Periodischen System*, der chemischen Ordnungszahl. Es ist also *nicht etwa die Masse*, das Dingliche und Substanzhafte (im mikro-physikalischen Bereich: *das Atomgewicht*) *ausschlaggebend für die Strukturiertheit der Materie*, d.h. für die Unterscheidung der Elemente, *sondern der unstofflich-energetische WIRKUNGS-Begriff der elektrischen Kernladung*.

Die Atomkerne selbst sind nach der Theorie HEISENBERG's aus den Protonen als den Trägern der positiven Kernladungen (Anzahl der Protonen im Kern = Ladungszahl "Z") und Neutronen (Neutronenzahl "N") aufgebaut. Die Summe der Protonen und Neutronen ergibt das *Atomgewicht* ($Z+N=A$). Das Neutron wurde erst nach 1932 von CHADWICK (durch den Rückstoss-Effekt künstlich beschleunigter Neutronen am Atomkern) entdeckt und nachgewiesen; es besitzt annähernd das gleiche Atomgewicht wie das Proton, ist aber elektrisch neutral, trägt also *keine Ladung*. Das Neutron kann also eine stoffliche Wand fast ungehindert durchdringen, da ihm die elektrischen Wechselwirkungen mit der übrigen Materie fehlen. Es ist daher zur Auslösung von

Kernreaktionen und künstlicher Radioaktivität besonders geeignet (Verwendung bei der Atombombe).

Die *positive Kernladung* Z wird nun bei jedem stabilen (d.h. nicht ionisierten, durch Losreissung und Einfangung von Elektronen gewissermassen "aus dem Gleichgewicht gebrachten") Atom durch die Elektronenhülle kompensiert. Das Elektron ist der Träger der *negativen Elementarladung*, hat aber praktisch keine Masse. Die Zahl der Elektronen ist im nicht-ionisierten Atom also immer gleich der Protonen- bzw. Kernladungszahl. Von den Elektronen wird nun konventionsgemäss angenommen, dass sie in den durch die Quantenzahlen bestimmten sog. "Elektronenschalen" in den systematisch festgelegten Ellipsenbahnen um den Kern kreisen. Dieser Elektronenumlauf ist aber, wie im Abschnitt über Quantenmechanik gezeigt wurde, lediglich sinnbildlich aufzufassen; was das Elektron wirklich ist und was es wirklich tut, wissen wir heute weniger denn je.

Wichtig für unsere *Schlussfolgerungen* ist, dass *es nicht etwa eine stoffliche Masse, sondern wiederum lediglich die elektrodynamischen Wirkungen (also wieder etwas Immaterielles, aber sehr Reales) sind, die das Verhalten von Materie gegeneinander verursachen und regeln*. Das heisst also in einem anschaulich-bildhaften Vergleich: nicht deswegen stehe ich auf dem Boden fest, weil ich festen und undurchdringlichen Stoff unter mir habe. Die Definition KANTS¹²: "Berührung ist die unmittelbare Wirkung und Gegenwirkung der *Undurchdringlichkeit*" ist vom Standpunkt der modernen Physik aus also *unhaltbar*, weil die immateriellen Prinzipien (der Terminus "immaterielle Teilchen" wäre ja eine *contradictio in adiecto*) des Bodens eine in der Summierung einer Unzahl von Wirkungsquanten recht beachtliche *Kraftwirkung auf die immateriellen Prinzipien meines Körpers ausüben*. Das ist zwar nicht ganz einfach zu verstehen, aber wahr: wenn wir uns *Labilität, Unstofflichkeit und gähnende "Leere" der sogenannten "Materie"* richtig vergegenwärtigen könnten, ich glaube, wir wären starr vor Erschrecken!

Zur Verdeutlichung diene noch ein kurzer Hinweis über den *Aufbau der Elemente*: Stoffe mit gleicher Kernladungszahl, aber verschiedenem Atomgewicht sind chemisch gleichwertig und heissen Isotope (erstmalig entdeckt durch J.J. THOMSON und ASTON; der Name stammt von SODDY).

Bei RIEZLER (Kernphysikalische Tabellen)¹³ sind allein 320 in der Natur vorkommende stabile und radioaktive Isotope verzeichnet; dazu kommen noch weit über 300 durch künstliche Kernreaktionen {Atomkernumwandlungen} erzeugte künstliche radioaktive Stoffe. Stoffe mit gleichem Atomgewicht, aber *verschiedener Kernladungszahl* {also auch *chemisch verschiedene Elemente*} heissen Isobare - z.B.

¹² KANT, "Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft", "Dynamik", Lehrsatz 6.

Indium ($_{49}\text{In}$) und Zinn ($_{50}\text{Sn}$), beide mit dem Atomgewicht 115. Dann gibt es noch die sog. Isomeren Kerne (so z.B. der Orthowasserstoff und Parawasserstoff), die sich bei gleicher Ladungs- und Massenzahl lediglich im *Bewegungszustand der Kerne*, und daher auch in ihrem Verhalten, ihrer Halbwertszeit usw. unterscheiden, und zwar durch verschiedenen *Drehimpuls* (dem sog. "Spin") der Kerne. Es gibt also: Isotope: Z gleich, A verschieden. - Isobare: Z verschieden, A gleich. Isomere: Z und A gleich; Kernspin verschieden. Die Labilität und ausserordentliche Verwandlungsfähigkeit unter den früher so unverrückbar feststehenden "Elementen" - und zwar eben nicht auf Grund von Änderungen der stets nur indirekt mathematisch erschliessbaren "Masse", sondern der doch sicher *nicht materiellen Ladung* - spricht auf keinen Fall für die stoffliche, korpuskulare Natur der Materie.

4. WECHSELSEITIGE UMWANDLUNG VON STRAHLUNG UND KORPUSKELN

a) *LICHTDRUCK*: Das Licht übt, wie jede mit Materie verbundene Kraft, einen Druck aus auf die materiellen Körper, auf die es fällt. Die Grösse des Lichtdrucks (p) wird nach der Formel berechnet: $p=2 S \cos^2\alpha$, wobei S die Energiedichte und α den Einfallswinkel der Strahlung bedeutet.

b) *HASENÖHRL-EINSTEINsche GLEICHUNG - MASSE ALS ENERGIE*: Der WIENER Physikprofessor Fritz HASENÖHRL (1915 gefallen) hat schon 1904 nachgewiesen, dass auch das *Licht einen Impuls und damit* (in Analogie zum Impuls materieller Körper: $J=m\cdot v$) *auch eine Masse besitzt*. Die von ihm aufgestellte Gleichung gab (bis auf einen geringfügigen zahlenmässigen Fehlerkoeffizienten) bereits die richtige Beziehung: $E=m\cdot c^2$ an (*Energie = Masse mal Quadrat der Lichtgeschwindigkeit*). Durch Berechnung der dauernden Reflexion eines mit elektromagnetischer Strahlung erfüllten prismatischen Hohlraums mit vollkommen spiegelnden Wänden hat dann LENARD dieselbe Gleichung abgeleitet $M = E:c^2$. Im Jahre 1905 fand dann Albert ENSTEIN auf Grund seiner speziellen Relativitätstheorie die Beziehung: *Energieabgabe / Masseverlust = Quadrat der Lichtgeschwindigkeit*¹⁴.

Daraus folgt: *Jeder Energie ist eine bestimmte Masse äquivalent und umgekehrt*, d.h. unter geeigneten Bedingungen *kann Energie in Masse und Masse in Energie übergehen*. Dieser Effekt wurde tatsächlich vielfach experimentell festgestellt.

c) *UMWANDLUNG VON STRAHLEN IN KORPUSKELN (und umgekehrt)*:

¹³ W. RIEZLER (Univ.Bonn), "Tabellen u. Tafeln zur Kernphysik" (II.Band), Biograph. Institut, Leipzig 1942.

¹⁴ $\Delta E/\Delta m = c^2 = 9 \cdot 10^{20} \text{ cm}^2 \text{ sec}^{-2}$. (genauere Messung für c : $2,99774 \cdot 10^{10} \text{ cm}\cdot\text{sec}^{-1}$).

Von Frau Irène JOLIOT-CURIE (der älteren Tochter des Ehepaars Pierre CURIE und Marya SKLODOWSKA, den Entdeckern des Poloniums und Radiums), sowie durch BLACKETT und ANDERSON wurde in der WILSONschen Nebelkammer folgender Vorgang photographiert (1934):

Wenn man sehr kurzwellige, also energiereiche (da $E=h \cdot \nu$), "harte" Gamma-Strahlung quer durch ein senkrecht zur Beobachtungsrichtung angelegtes Magnetfeld schoss, so zeigten sich auf der stereoskopischen Aufnahme zwei nach entgegengesetzter Richtung gekrümmte Bahnen von einem gemeinsamen Ausgangspunkt aus; die Bahnen müssen also von *entgegengesetzt geladenen Teilchen* herrühren. Aus der Stärke und Länge der Spuren und der Art der Bahnkrümmung konnten diese Teilchen eindeutig als *je ein Elektron und ein Positron* (positiv geladenes Teilchen) identifiziert werden, während ein Teil der Strahlungsenergie absorbiert wurde. Es ist damit *experimentell eine "Materialisation" von γ -Strahlung, also reiner Wellenstrahlung durch Verwandlung in ein Elektronenpaar (sog, "Elektronenzwilling") festgestellt.*

Auch der umgekehrte Effekt wurde vielfach beobachtet: Die Auflösung, also *"Entmaterialisierung" von Positronen* nach Vereinigung mit Elektronen *in eine Wellenstrahlung* mit einer gemessenen Energie von $0,5 \text{ MeV}$ (Millionen Elektron-Volt). Es gilt die Gleichung: $E = h \cdot \nu = m \cdot c^2$.

Da sämtliche Größen (Wirkungsquantum h , Frequenz der γ -Strahlung, Masse des Elektronenpaars) bekannt sind, kann die Energie E leicht berechnet werden; das Ergebnis: $E = 1 \text{ MeV}$ für den Elektronenzwilling stimmt mit der gemessenen, dem Elektron (bzw. Positron) äquivalenten Energie von $0,5 \text{ MeV}$ genau überein.¹⁵

Diese Transformation von Wellenstrahlung, also *immaterieller Energie, in korpuskulare Partikel* kann mit der traditionellen Auffassung von Materie als etwas Substanhaftem, Stofflichem, dinglich Realem wohl kaum in Kongruenz gebracht werden. Der Altmeister der modernen Atomphysik, Arnold SOMMERFELD, schrieb schon in der 1. Auflage seines fundamentalen Werkes "Atombau und Spektrallinien", dass nicht der Masse, sondern der *Ladung* der Charakter einer wahren Substanz zukomme, die - wie das Wirkungsquantum und die Entropie - als "Baustein einer nicht-relativistischen Welt" verwendet werden könne, da ja die Masse von der relativen Bewegung des "Masseträgers" abhängt. Man darf also vielleicht die Formulierung wagen: Am Anfang war nicht die Materie, sondern die *Strahlung, die Energie, die Wirkung, das Licht.*

Nach der sog. "Löchertheorie" von DIRAC ist der geschilderte Materialisations-Prozess zu erklären durch Heraushebung eines Elektrons aus einem Zustand *negativer*

¹⁵ Genaue Darstellung dieser Erscheinungen mit Wiedergabe der Nebelkammer-Aufnahmen in: P. DEBYE, *Kernphysik*, Verlag Hirzel, Leipzig 1935.

Energie (in dem es nicht zu bemerken ist) in einen solchen positiver *Energie* und gleichzeitigem Freiwerden des negativen Energiezustandes, was sich als *Positron* auswirkt (vgl. W. Riezler, "Kernphysik", Leipzig 1942, S. 168 u.169) - ein Beispiel dafür, wie schwierig die Deutung des Transformations-Effektes Energie-Masse ist.

5. ENERGIEVERLUST BEI DER BETA-STRAHLUNG (NEUTRINO-HYPOTHESE)

Die *Energiebilanz*, die sich folgert aus dem kontinuierlichen Geschwindigkeits-Spektrum der β -Strahlung (also Elektronen-Emission) bei *künstlicher Radioaktivität* gewisser *Atomkern-Reaktionen*, ergibt die unerklärliche Tatsache, dass beim Umwandlungsvorgang entsprechend den verschiedenen Beta-Strahl-Geschwindigkeiten auch *verschiedene Energiemengen frei geworden sind*. Demnach müssten auch die entstandenen neuen Atomkerne in ihrem Energie-Inhalt und damit auch in ihrer Masse voneinander verschieden sein, was aber für gleichartige Kerne unmöglich ist. Diese experimentellen Feststellungen lassen nur *zwei Erklärungsmöglichkeiten* zu:

- a) die radikale Auffassung, dass der Satz von der *Erhaltung der Energie für manche Kernprozesse nicht mehr gilt*,
- b) dass gleichzeitig mit der Emission des Beta -Teilchens noch auf irgendeine andere Weise vom Kern *Energie ausgestrahlt wird*.

Die zweite Auslegung konnte sich besser durchsetzen. Man nimmt an, dass der Fehlbetrag an Energie bei β -Strahlung in einer *Quantenstrahlung* (die aber bisher nicht nachgewiesen werden konnte) emittiert wird. Die *hypothetischen Quanten* dieser unbekanntes Strahlung, die wie die Lichtquanten (*Photonen*) die Geschwindigkeit:

$$3 \cdot 10^{10} \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$$

und keine Ruhemasse haben sollen, wurden *Neutrinos* genannt.

Damit ist ein weiteres Anzeichen für die *fluktuierende Grenze zwischen Energie und Materie* gegeben.

DIRAC kommt sogar vermittlems der "relativistischen Theorie des Elektrons" zu der Vermutung, dass in gewissen Fällen von Atomkernreaktionen "ein Elektron und ein Proton gleichzeitig verschwinden müssten, und ihre Energie müsste in Form von Strahlung ausgesandt werden. Wahrscheinlich kommen solche Vorgänge wirklich in der Natur vor"(Dirac, "Quantenmechanik", Leipzig 1930, S.271).

Die Theorie des Japaners YUKAWA, dass es sich bei dem in der kosmischen Höhenstrahlung festgestellten neuen Elementarteilchen, dem sog. *MESON*¹⁶ um ein aus einem Elektron (bzw. Positron) und einem Neutrino zusammengesetztes Gebilde

¹⁶ Die manchmal üblichen Bezeichnungen "Mesotron" oder "Baryton" sind irreführend, da das Meson - gr. = das Mittlere, das Dazwischenliegende - mit dem Elektron nichts gemeinsam hat. Das Meson ist negativ oder positiv geladen und besitzt ungefähr 100 bis 200 mal Elektronenmasse.

handelt, wurde sehr bald anerkannt, sowie auch die sehr geistreiche *NEUTRINO-Theorie des Lichtes* von DE BROGLIE und P. JORDAN (s. Jordan, "Quantentheorie", 1936, S. 264 ff.), auf die in diesem Rahmen nicht näher eingegangen werden kann.

6. BINDUNGSKRÄFTE IM ATOM DURCH "VIRTUELLE TEILCHEN"

Eine weitere Stütze der modernen physikalischen Anschauung, in der die Grenzen zwischen Energie und Materie vermischt und transitorisch sind, liefert die von YUKAWA und dem Amerikaner BETHE aufgestellte und durchgerechnete Theorie, dass die *Wirkung der Kernkräfte durch die Annahme virtueller Mesonen zu erklären ist*. "Virtuell" heisst hier, dass das die Kraft vermittelnde Teilchen zwar *potentiell* (in der *Möglichkeit*) vorhanden ist, also zwar gebildet werden *könnte*, aber *nicht als reales, aktuelles Gebilde in Erscheinung tritt*¹⁷. Gewissermassen wird also das "virtuelle Teilchen" bereits im Augenblick seiner Entstehung aus dem einen Partner des in Wechselwirkung stehenden Korpuskelpaares von dem anderen Partner wieder aufgesogen. Diese Kraftwirkung ist kernphysikalisch unter dem Begriff der "*Austauschkräfte*" bekannt (vgl. Riezler, "Kernphysik", Bd. 1, S. 183).

7. MASSENDEFEKT UND ENERGIE-UMSETZUNGEN (STRAHLUNGSDRUCK) bei ATOM-UMWANDLUNGEN UND KERNSPALTUNGEN

Seit der ersten Kernumwandlung durch RUTHERFORD im Jahre 1919: Loslösung von H-Kernen (Protonen) aus Stickstoff durch Beschiessung mit Alphateilchen (He-Kernen)¹⁸ und seit der Entdeckung der *künstlichen Radioaktivität* durch Irène CURIE und F. JOLIOT auf Grund der Kernreaktionen¹⁹ wurden bisher Hunderte von Kernumwandlungen durch Beschiessung mit geladenen Teilchen (Alpha, Deuteron, Proton), ungeladenen Teilchen (Neutronen) und Gammaquanten durchgeführt. Diese Kernreaktionen sind in ihrer *Energiebilanz* entweder *endotherm* (Energie wird gebunden) oder *exotherm* (Energie wird frei). Dabei wird die *Masse in Energie* übergeführt nach dem bekannten Gesetz $E = mc^2$. Dieser sog. Massendefekt konnte durch ASTON, BAINBRIDGE und MATTAUCH massenspektrographisch bei vielen Kernreaktionen genau gemessen und nachgeprüft werden. Der atomaren Masseneinheit ist demzufolge eine Energie von 931 000 000 Elektron-Volt äquivalent.

¹⁷ Dazu Fritz A. POPP (1938, Univ. Kaiserslautern, Neuß) und Alexander G. GURWITSCH (1874-1954, Leningrad-Moskau) über das Aufleuchten von Photonen. In: "Das Licht in unseren Zellen". Ffm. 1995 [Anmerk. des Hgs.]

¹⁸ Nach dem Reaktionszyklus: $7^{N^{14}} + 2^{He^4} \rightarrow 9^{F^{18}} \rightarrow 8^{O^{17}} + 1^{H^1}$ oder nach der abgekürzten Schreibweise von FLEISCHMANN-BOTHE: $N^{14} (\alpha \cdot p) O^{17}$

¹⁹ $Af^{27} (\alpha \cdot n) + P^{30}; Mg^{24} (\alpha \cdot n) + S^{27}; B^{10} (\alpha \cdot n) + N^{13}$

Durch die Tatsache der *Umwandlung von Masse in Energie* durch *Atomkern-Reaktionen im Inneren der Fixsterne* lässt sich auch der *ungeheure Strahlungsverlust* der Sterne erklären.^{20/21}

Ein ebenso grandioses wie in den möglichen Auswirkungen grausiges Beispiel für die *Umsetzung von Masse in Energie, die Verwandlung von Stoff in Kraft* wurde durch die jüngste Entwicklung der Kernphysik bis zur *Atombombe* bekannt: durch die *Kernspaltung der schwersten Atomkerne*, die erstmalig 1939 den deutschen Forschern HAHN (Nobelpreisträger) und STRASSMANN gelang.²² Die dabei infolge *Masseverlust freierwerdener Energie* wurde mit 160-200 Millionen eV gemessen! Noch rund das Zehnfache von dem vorher erwähnten Prozess der Lithiumzertrümmerung, das *Vierzig-Millionen-Fache* gegenüber der Energie einer "gewöhnlichen" Sprengbombenexplosion!

Den amerikanischen Physikern DUNNING, NIER, MITCHELL, COMPTON und dem in die USA emigrierten Italiener FERMI gelang es, die Entdeckung von HAHN und STRASSMANN²³ weiter auszubauen, unter Ausnützung von riesigen industriellen Energieanlagen; so liefert z.B. der Zyklotron in BERKELEY/Kalifornien Energien zur Beschleunigung von Elementarteilchen bis zu 8 Millionen Volt.

Durch Graphit bzw. Schweres Wasser kann die *Kettenreaktion* gleichsam wie durch "Anti-Katalysatoren" *abgebremst und damit für praktische Auswertung nutzbar gemacht werden*: z.B. zum "Atom-Motor" zu Friede und Aufstieg. Durch die Erscheinung der Kernspaltung wird auch das Aufhören des periodischen Systems gerade mit dem Uran verständlich: Selbst wenn es in früheren Ären Transuranide gegeben hat, so sind diese in den ungeheuren Zeiträumen schon längst spontan durch Kernspaltung zerfallen.

8. KOSMOGONIE NACH EDDINGTON, JEANS UND JORDAN

²⁰ C.F. von WEIZSÄCKER. "Die Atomkerne", Akad. Verlag, Leipzig 1937.

²¹ Ein Beispiel dafür aus dem wahrscheinlichen Reaktionszyklus im Sonneninnern: bei der Zertrümmerung von Lithiumkernen mittels schneller Protonen in zwei Alphateilchen wird eine Energie von 17,2 Millionen eV frei. Diese Energie ergibt - umgerechnet in Kalorien pro Mol: $17,2 \cdot 6 \cdot 10^{23} \text{ MeV} = 1,65 \cdot 10^{19} \text{ erg} = 395 \text{ Milliarden cal}$. Zum Vergleich: demgegenüber werden bei der Kohlenstoffverbrennung: 94000 cal. frei. Das heißt: 1 Milligramm Lithium ergibt bei Atomzertrümmerung ungefähr dieselbe Wärmemenge wie 20 Briketts (bzw. numerisch ausgedrückt: 4 Millionen mal so viel Energie).

²² Bei Bestrahlung mit langsamen Neutronen zerfällt das Uran-Isotop U²³⁵ in leichtere Elemente (als Spaltprodukte festgestellt: Brom-Lanthan, Rubidium-Cäsium, Strontium-Xenon, Yttrium-Jod, Zirkon-Tellur, Niob-Antimon u.a.). Diese neuentstandenen Elemente sind sehr stark radioaktiv (Betastrahler) und strahlen auch zumeist noch ein oder mehrere Neutronen aus, wodurch der Spaltungsprozess der "Uranzertrümmerung" sich immer weiter fortpflanzt (sog. Kettenreaktion). Als Otto HAHN die Möglichkeit der Kernzertrümmerung auftauchen sah, soll er ausgerufen haben: "So etwas kann Gott nicht zulassen". Robert JUNGK, Heller als tausend Sonnen. Das Schicksal der Atomforscher (1956). [Anmerkg. des Hgs]. Georges LEMAITRE, Vortrag vor der Société helvétique des Sciences naturelles (Sept. 1945), (Phil. 76) [Anmerkg. des Hgs.]

²³ Die durch die Kettenreaktion des U²³⁵ losgelösten Neutronen werden von dem Uranisotop eingefangen; es entsteht U²³⁹ und weiter durch Beta-Emission die neuen Trans-Uran-Elemente Neptunium (Ladung: 93) und Plutonium (Ladung: 94), das seinerseits wieder zerfällt und einen noch wirksameren "Sprengstoff" als das U²³⁵ darstellt.

Da das Kosmogonie-Problem die thematische Beschränkung unserer Material-Sammlung aus der *Kernphysik und Quantenmechanik* nur am Rande berührt, will ich mich hier mit der Fixierung einiger wichtiger Ergebnisse begnügen:

Seit KANT ("Theorie des Himmels", 1755/56) und LAPLACE galt die Meinung als feststehend, dass die *Materie* ewig und unerschaffen einmal gegeben sei und dass der *Stoff nicht vermehrt noch vermindert* werden könne, während sich die *Ordnung der Welt* aus einem völlig chaotischen, amorphen Zustand ("Urnebel") bis zur kosmischen Konfiguration des heutigen Universums *entwickelt habe*.

Dagegen wurde in jüngster Vergangenheit besonders auf Grund des 2. Hauptsatzes der Thermodynamik (bekannt als "*Entropie-Satz*") Bedenken laut. Entropie ist die Zustandsfunktion der einem Körper zugeführten *reduzierten Wärmemenge*. Nach CLAUSIUS spielen sich nun in einem abgeschlossenen System -wie das ganze Universum es darstellt- alle Veränderungen in der Richtung ab, dass die *Summe aller Vorgänge nicht umkehrbar ist*, sodass also die Entropie²⁴ einem Maximum zustrebt. Oder nach der Fassung von Ludwig BOLTZMANN: Die Natur strebt aus einem unwahrscheinlicheren (d.h. geordneten, differenzierten, geformten) Zustand dem wahrscheinlicheren (ungeordneten, ungestalten, formlosen, gleichförmigen und chaotischen) Zustand zu.

Dieser 2. *Hauptsatz der Wärmelehre (Entropie-Gesetz)* ist einer der ganz wenigen Lehrsätze der klassischen Physik, welche auch in der modernen, relativistischen, statistischen und quantentheoretischen Auffassung unberührt stehen bleiben. Man kann daher mit Recht vermuten, hier einem der *wirklichen Leitgesetze des Weltgeschehens* auf der Spur zu sein. Der einzige Einwand, der gegen den Entropiesatz hervorgebracht werden konnte, stellt ein kapitaless Musterbeispiel eines Fehl- bzw. Fangschlusses dar: nämlich "wenn die Entropie, also der Spannungsausgleich in der Welt immer grösser würde, dann müsste dieser Zustand der völligen Nivellierung ja schon längst eingetreten sein, da die Materie ja ewig und unerschaffen ist" - ein typischer Fall einer *petitio principii* bzw. eines *proton pseudos* in den Prämissen einer Apagoge.

Der scharfsinnige Denker EDDINGTON sagt hierzu in einem seiner subtil feinen Aperçus: "Wer immer den Wunsch nach unendlicher Fortdauer des Weltgeschehens hegt, muss einen Feldzug gegen den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik unternehmen. - Ich bin kein Verehrer des Vogels Phönix! Mich würde der Gedanke mehr befriedigen, dass die Welt irgendein *gewaltiges Werk der Entwicklung zu erfüllen hat*... Ich bin Evolutionist und nicht Multiplikationist! Es scheint mir unsinnig, dasselbe immer

²⁴ d.h. das Integral $dQ:T$ welches die Summe der reduzierten Wärmemengen angibt.

wieder und wieder in nie endenwollender Aufeinanderfolge zu vollbringen“ (Eddington, *Weltbild der Physik*, 1939, S. 89-90).

So kamen zwei prominente Experten der modernen Physik - die Engländer J.H.JEANS und A. S.EDDINGTON (von denen der letztere wohl als eine der grössten Autoritäten auf dem Gebiet der Astrophysik zu gelten hat) zu dem Schluss, dass sich unsere Welt nicht aus einem Ur-Chaos gestaltet haben kann, sondern *durch ein einmaliges elementäres Ereignis von aussen verursacht wurde*, und der geistvolle Pascal JORDAN brachte Ende 1944 die Wissenschaft durch seine revolutionär-geniale Idee in Aufruhr (der Gedanke ist übrigens implicite schon bei dem Physikochemiker Walter NERNST aufgetaucht), dass *alle Materie sich aus einem Neutronenpaar gebildet und entwickelt habe*.

Wir können also zusammenfassend sagen: Im alten KANT-LAPLACEschen System stand *am Anfang die Materie - und die Ordnung, die Organisation der Dinge ist erst allmählich entstanden*, während nach den Erkenntnissen der heutigen Physik *am Anfang die Ordnung und Organisation der Welt war, während die Materie erst später geworden ist (und vielleicht heute noch wird!)*.

Wie und warum aber dieses Werden des Stoffes geschah (eine Frage, die JORDAN als "idealistischer Positivist" offen lässt), soll unseren späteren Überlegungen vorbehalten bleiben.

9. RELATIVITÄT VON MASSE UND AUSDEHNUNG, RAUM UND ZEIT

a) Ein durch eine ganze Reihe von Versuchen erhärtetes und auch in der Atomphysik empirisch bewährtes und bestätigtes Gesetz besagt, dass *die Masse eines Körpers* (ob Elektron oder Sonnenball) sich *mit der Geschwindigkeit verändert*²⁵. Bei Erreichung der Lichtgeschwindigkeit c wird also $m = m_0 / 0 = \text{unendlich}$, während die Beschleunigung $b = \text{Kraft} / \text{Masse}$ nach dem NEWTONschen Kraftgesetz²⁶ Null wird, womit c als Grenzggeschwindigkeit bewiesen ist.

Mit der Masse wird aber auch die Trägheit unendlich und damit *die Zeit* (als Funktion der Bewegung – αριθμος κινήσεως nach ARISTOTELES) null, also *völlig stillstehend und eliminiert* (Albert EINSTEIN).

Ich glaube, dass DIES DIE EINZIG MÖGLICHE menschliche Vorstellung von *"Ewigkeit"* erschliesst.

b) Ebenfalls durch eine Reihe von physikalischen Experimenten (u.a. MICHELSON 1887, MORLEY 1902, MILLER 1921, TOMASCHEK 1924, JOOS 1930)

²⁵ Nach der Formel: Bewegte Masse $m = \text{Ruhemasse}: m_0$.

²⁶ In diesem Falle $h = P / \infty = \text{Null}$.

wurde die sog. *FITZGERALD* oder *LORENZ-KONTRAKTION* festgestellt: *Die Länge (also die räumliche Ausdehnung) eines Körpers verkürzt sich mit wachsender Geschwindigkeit²⁷; woraus sich wiederum ergibt, dass für $v=c$ die Länge $L' = \text{Null}$ wird, dass also bei Erreichung der Lichtgeschwindigkeit keine räumliche Ausdehnung mehr möglich ist.*

Zur Vermeidung von Missverständnissen möchte ich noch darauf hinweisen, dass die *physikalische Masse nicht das mindeste mit der landläufigen Vorstellung von "Stoff" oder "Materie" zu tun hat, die "Masse" m ist lediglich eine Messung von (relativen) Kraftwirkungen* (Trägheit und Schwere). Wenn wir also physikalisch dem Proton oder Elektron "Masse" zuschreiben, so bedeutet das noch lange nicht, dass die Elementarteilchen "stofflich" oder "materiell" sind - was nach HEISENBERG niemals nachzuweisen ist.

c) Ich kann das gewaltige physikalische Gedankengebäude von Albert EINSTEINs spezieller (1905) und allgemeiner (1915) *Relativitätstheorie* hier nur oberflächlich streifen, ich möchte nur betonen, dass diese epochal umwälzende Anschauung die (bisher) einzige, bzw. beste Erklärung für eine ganze Reihe anders kaum zu bewältigender Vorgänge liefert (Dopplereffekt - Rotverschiebung von Spektrallinien, Ablenkung des Lichts durch die Gravitationskraft, Perihel-Verschiebung des Merkur usw).

Ich persönlich stimme EINSTEIN vollkommen zu, wenn er *Masse, Bewegung, Gravitation, Raum und Zeit für relativ* erklärt.

Die Vorstellung, dass es einen *absoluten, realen "Raum" ausserhalb meines Sinneneindrucks und Bewusstseins* geben sollte, oder eine *absolute, reale Zeit* ausserhalb meines Erlebens von innerer und äusserer Bewegung, erscheint mir *völlig undenkbar*. Es ist aber auch unmöglich, Raum und Zeit (wie KANT) als menschliche Anschauungsformen zu betrachten; denn wir tragen diese Erscheinungsbilder von Raum und Zeit nicht aus uns an die Aussenwelt (das "Ding an sich") heran, sondern wir lesen sie - durch unsere Sinnesorgane gleichsam "übersetzt" - *aus der Welt heraus in uns hinein*; und zwar genauso wie die Pracht der Farben, die Harmonie der Töne, die Ästhetik der Schönheit - die ja alle zwar nicht so sind, wie sie unsere Sinne erfassen, aber doch irgendwie auf andere Weise in jener wundersamen Welt der Ordnung ausser unserem Ich angelegt und vorhanden sein müssen. Wie sich die Welt uns öffnen würde, wenn unsere Augen nicht allein jenes unvorstellbare schmale Band von wenigen Zehntausendstel Millimetern umgreifen würden: der Gedanke führt in ein Zauberland der Phantasie.

²⁷ Nach der Gleichung: $L' = L \cdot \sqrt{1 - v^2 / c^2}$.

Mir kommt nun einmal die EINSTEINsche endliche und unbegrenzte Hyper-sphärenwelt, wo die Zeit zur vierten Dimension gebändigt ist, entschieden mehr real und wirklich vor als jener simpel-populäre sich endlos dehnde Raum mit dem nach beiden Seiten ohne Anfang, ohne Ende fortgesponnenen Faden der Zeit ... (wobei die klassisch-physikalischen Gesetze noch nicht einmal Vergangenheit und Zukunft, also den "Pfeil der Zeit" erkennen lassen -Mooth/Zeitpfeil: "Reise in die Zukunft"-).

Mit dieser kurzen Abschweifung will ich die Erörterung der Relativitätstheorie bewenden lassen. Letzten Endes führt EINSTEINs Gravitationsgesetz: "Der Radius der sphärischen Krümmung jedes dreidimensionalen Schnittes durch die Welt hat immer nur dieselbe konstante Länge"²⁸ auf eine geometrisch-mathematische "Weltanschauung", während die Quanten- und Wellenmechanik und Kernphysik ein mehr dynamisch-energetisch-mathematisches, "wirkungshaftes" Weltbild mit sich bringt. Das mathematische Rüstzeug führt in beiden Betrachtungsweisen zu befriedigenden Lösungen. Ob man aber die Masse als Krümmung ansieht (EINSTEIN) - oder aber als Wirkung einer ENERGEIA (da nun einmal "to think correctly, is to think like ARISTOTLE", Cardinal NEWMAN), das ist für unsere weiteren Betrachtungen nicht von ausschlaggebendem Belang.

Nach diesem - allerdings noch viel zu wenig detaillierten und erschöpfenden, mehr schlaglichtartigen - Gang durch die moderne Physik können wir nun einen Deutungsversuch aus der Fülle des gegebenen Materials wagen.

²⁸ Math. $G_{\mu\nu} = \lambda g_{\mu\nu}$, sehr gewagte Extrapolationen nehmen für diese "Weltradius" sogar eine Zahl (ungefähr 10^{20} km) an.