

Das Wirkungsquantum in aristotelischer Auffassung : physikalische Gespräche mit Aristoteles

Autor(en): **Pavelka, Artur**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Divus Thomas**

Band (Jahr): **17 (1939)**

PDF erstellt am: **30.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-762528>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Das Wirkungsquantum in aristotelischer Auffassung.

Physikalische Gespräche mit Aristoteles.

Von Prof. RNDr. Artur PAVELKA, Prag.

Einleitende Bemerkung.

Die vorliegende Studie ist einer in Vorbereitung sich befindlichen systematischen Arbeit des Verfassers entnommen, welche den Titel « Physikalische Gespräche mit Aristoteles » führt und ein Kommentar der aristotelischen Physik vom Standpunkte der modernen Physik darstellt. Das Gespräch führen drei Personen: Aristoteles, ein Vertreter der Logik, kurz Logicus genannt, und Physicus, ein Vertreter der Physik. Aristoteles wird Satz für Satz der Text aus den « acht Büchern der Physik » in deutscher Übersetzung in den Mund gelegt. Zu den Aussprüchen des Aristoteles, welche in der Reihenfolge des Originals beibehalten werden, nehmen der Logiker und der Physiker Stellung. Der Physiker hat die Aufgabe, der aristotelischen Auffassung die modernen physikalischen Auffassungen entgegenzustellen. Der dadurch vorerst entstehende Gegensatz beider Auffassungen wird durch den Logiker dadurch vermindert, daß er die gedanklichen Strukturen beider Denkweisen rein herausarbeitet und derart eventuelle Stützpunkte aufweist. Der Physiker selbst überschreitet bei keiner Gelegenheit die vorherrschenden Ansichten der heutigen Physik, wobei er natürlich die in der Physik derzeit offenen Probleme als solche weiter bestehen läßt. Dies erachtet der Verfasser deshalb einer besonderen Bemerkung wert, damit nicht vielleicht in den Augen des Nichtphysikers beim Lesen der Gedanke entsteht, die Physik sei hier entsprechend umgedeutet worden. Will allerdings der Physiker trotzdem ein derartiges Gespräch zu Ende führen, muß er irgendeine Basis finden, auf welcher er die aristotelischen Gedanken von seinem Standpunkte aus konsequent verfolgen kann. Der Physiker gewinnt eine derartige Basis dadurch, daß er die aristotelischen Sätze als Hypothesen für ein Gedankenexperiment gelten läßt. An diese Hypothesen knüpft

er alle einschlägigen Erkenntnisse der heutigen Physik an. Wenn sich dann die Gedanken des Aristoteles als Ganzes für die Physik als haltbar erweisen, dann ist der Physiker geneigt, sie als geeignete Grundlage der modernen Physik anzuerkennen.

Das hier veröffentlichte Gespräch zerfällt in 3 Teile :

I. « Zum Begriffe des Stoffes », wo der Stoffbegriff als eine der Auffassungsweisen des Wesens der Natur behandelt wird.

II. « Zum Begriffe der Form », wo der Formbegriff als zweite Auffassungsweise des Wesens der Natur behandelt wird.

III. « Das Wirkungsquantum », wo der Stoff und der Formbegriff als einheitliche Auffassungsweise des Wesens der Natur auf den Begriff des Wirkungsquantums übertragen wird. So wird die aristotelische Auffassung dieses Grundbegriffes der Quantenphysik als wissenschaftlich zweckmäßig erwiesen.

I. Zum Begriffe des Stoffes.

ARISTOTELES : Es scheint die Natur und das Wesen des von Natur aus Seienden Einigen nur dasjenige zu sein, was in einem jeden Dinge als Erstes, an sich noch Unformiertes, enthalten ist, wie z. B. eines Stuhles Natur sei das Holz und einer Statue Natur das Erz ¹.

LOGICUS : Wir werden wohl zweckmäßig vorerst davon absehen, daß diese Definition « nur Einigen » richtig erscheint und daher auch noch nicht ganz klar den Standpunkt des Aristoteles zu der vorgebrachten Definition festlegt.

PHYSICUS : Aus methodischen Gründen wünsche ich für den Anfang auch noch eine sachliche Vereinfachung : die Abtrennung der angeführten Beispiele von der abstrakten Definition.

LOGICUS : Es steht nach diesen Feststellungen nunmehr folgende Definition zur Diskussion : Es scheint die Natur und das Wesen des von Natur aus Seienden dasjenige zu sein, was in einem jeden Dinge als erstes, an sich noch Unformiertes enthalten ist.

¹ Diese, sowie alle weiteren Aussprüche des Aristoteles : « Aristoteles' acht Bücher Physik ». Griechisch und deutsch und mit sacherklärenden Anmerkungen herausgegeben von Dr. *Carl Prantl*, Professor in München. Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann, 1854. II. Buch, 1. Kapitel, S. 57-59.

PHYSICUS : Wenn wir uns im Rahmen der Physik die Frage stellen, was in einem jeden Dinge, also in einem jeden physikalischen Objekte enthalten ist, so finden wir eine ganze Reihe derartiger Begriffe. Wir brauchen uns bloß an Moleküle und Atome und deren Bausteine zu erinnern, des weiteren sind die Begriffe der Masse, des Impulses und der Energie zu erwähnen. Nachdem aber die Bedingung gestellt wird, daß unter derartigen Begriffen bloß das in Frage kommt, was etwas an sich noch Unformiertes darstellt, müßen wir zugeben, daß keiner der angeführten Begriffe dieser Bedingung entspricht. Denn sowohl Atome und Moleküle und die kleineren Bausteine, als auch Masse, Impuls und Energie stellen schon irgendwie quantitativ charakterisierte, in aristotelischer Ausdrucksweise quantitativ formierte Begriffe dar. Da wir also in diesem Zusammenhang von diesen Begriffen Abstand nehmen müssen, ist es vorläufig auch nicht notwendig, diese hier berührten Begriffe ontologisch zu werten. Weiter muß zugegeben werden, daß in der Physik keine andersartigen Begriffe mit den geforderten Eigenschaften Verwendung finden. Wir sehen also zunächst soviel, daß dem von Aristoteles geforderten Ersten, noch nicht Formierten, in der Physik kein bekannter Begriff zu entsprechen scheint.

LOGICUS : So konsequent auch die Antwort auf die durch die Definition aufgeworfene Frage zu sein trachtet, kann sie dennoch nicht der vollständigen Fragestellung gerecht werden. Wir haben auf Wunsch des Physikers die Beispiele als ungeeignet für die moderne Physik unbeachtet gelassen. Nachdem nun das Urteil des Physikers so ganz negativ ausgefallen ist, und außerdem die aristotelischen Beispiele als gänzlich unzutreffend angesprochen werden, so wäre es jetzt notwendig, die Frage zu erheben, was den aristotelischen Beispielen in der modernen Physik ungeachtet des Wortlautes der Definition entspricht.

PHYSICUS : Wenn das Holz als Natur des Stuhles und das Erz als Natur der Statue angesehen wird, dann sind die Moleküle die Natur der physikalischen Objekte. Denn so wie dort, so handelt es sich hier sozusagen um das Baumaterial. Die Parallele zwischen den Beispielen ist also ganz in Ordnung. Nun ist aber sowohl das Baumaterial des Aristoteles, als auch das physikalische keineswegs ein noch unformiertes Etwas. Deswegen wollte ich ursprünglich auch die Beispiele von der Definition trennen. Die Definition scheint mir durch die Beispiele unklar.

LOGICUS: Wir dürften dem Sinne der Definition näher kommen, wenn wir sie mit den angeführten Beispielen als Ganzes auffassen und aus diesem Ganzen erst die einzelnen darin verwendeten Begriffe heraus-schälen. Konkret gesprochen, betone ich ganz besonders den Zu-sammenhang: unformiert enthalten sein wie Holz im Stuhl, wie Erz in der Statue.

In dieser Auffassung wäre dann unformiert gleichbedeutend mit noch nicht die Form des Stuhles habend oder noch nicht die Form der Statue habend. Also das erste Enthaltene wäre dann die Unterlage, das Material, welches noch nicht geformt ist im Sinne des Dinges, zu der es werden soll, wie z. B. Sessel oder Statue. Keineswegs wäre in diesem Falle unformiert im absoluten Sinne gemeint. Das Material kann schon geformt sein. Die Bausteine können formiert sein, aber diese Form hat vorerst noch nichts zu tun mit der Form, welche das eben beurteilte Ding hat. Was hat die Physik nun zu dieser Auffassung zu sagen?

PHYSICUS: Nachdem das Material, die Bausteine des physika-lischen Objektes eine Form für sich haben können, kann nun ohne irgendwelchen inneren Widerspruch zwischen Beispiel und Definition die Molekel als das Wesen des physikalischen Objektes angesehen werden, ebenso wie jetzt das Erz als Wesen der Statue angesehen werden kann. Als ich die Trennung zwischen Definition und aristotelischen Beispielen forderte, hatte ich noch einen zweiten Einwand im Sinne, welcher durch die bisherige Entwicklung des Gespräches unberührt blieb. Aristoteles benützt Beispiele, welche dem Gebiete der menschlichen Tätigkeit entnommen sind. Wir haben aber zum Gegenstand unseres Gespräches das physikalische Objekt im Sinne eines von Natur aus Seienden. Wie wir in unserem letzten Gespräche erkannt haben, deckt sich dieser Begriff mit dem von Menschenhand Geschaffenen keineswegs. Es ist zwar einleuchtend, daß menschliche Erzeugnisse als Beispiel gewählt werden, da wir solche vollkommen in ihrem Wesen erkennen, aber wir können a priori überhaupt nicht wissen, ob eine ganz eindeutige Zuordnung zwischen Menschenwerk und Naturwerk existiert. Vielleicht kann uns hier Aristoteles selbst den Beweggrund anführen, warum ihm gerade ein derartiges Beispiel einleuchtend erscheint.

ARISTOTELES: Ein Anzeichen davon, daß eines Stuhles Natur Holz sei und einer Statue Natur das Erz, sei, wie Antiphon sagt,

der Umstand, daß, falls man einen Stuhl vergrübe und die Feuchtigkeit soviel Kraft bekäme, um einen Blättersprößling hervorzutreiben, dann ja nicht ein Stuhl, sondern Holz entstünde, wie wenn eben das eine, nämlich die Einrichtung nach angenommener Geltung und die Kunsttätigkeit, nur ein je Vorkommendes wäre, das andere aber, das Wesen, jenes, welches fortwährend bestehen bleibt, während es auch solche Einwirkungen erfährt.

LOGICUS: Die Zuordnung zwischen Menschenwerk und Naturwerk ist wesentlich zur Klarstellung eines ganz besonderen Merkmales des hier zur Besprechung stehenden Wesens der Natur durchgeführt und läßt uns so erkennen, daß das Fortbestehen dieses Wesens unabhängig ist von dem Bestehen des Dinges selbst. Ganz besonders kraß zeigt sich dies an dem Beispiel Antiphons, wo das Material des Stuhles als Wesen selbst bereits ein selbständiges Naturding ist und zwar mehr als ein physikalisches Objekt im modernen Sinne. Wir würden hier eher von einem pflanzenbiologischen Objekt sprechen. Das Holz als Wesen des Sessels dauert selbständig, auch wenn der Sessel seiner eigentlichen Idee beraubt, in die Erde vergraben wird und nun einer Prozedur unterworfen wird, die zwar den Pflanzenwuchs zu fördern imstande ist, mit dem Sessel aber nichts mehr gemeinsam hat. Das Holz wächst, grünt, das Holz dauert, aber vom Sessel ist längst keine Spur. Es wäre gar nicht so schwer, auch für das Erz und die Statue das entsprechende Experiment vorzuschlagen. Man nehme die Statue, gebe sie in einen Schmelzofen und heize tüchtig. Nach Abkühlung des Ofens betrachte man das Erz, es ist ebensolches Erz wie vorher, die Statue aber ist verschwunden. Soll also der Fortbestand des hier besprochenen Wesens in seiner Unabhängigkeit von dem Bestande des Dinges selbst klar dargetan werden, dann ist das Beispiel des Menschenwerkes glücklich gewählt.

PHYSICUS: Was soll die Voraussetzung rechtfertigen, daß die Zuordnung zwischen Menschenwerk und Naturwerk a priori eindeutig existiert, respektive durchführbar ist?

LOGICUS: Unsere gesamte Einstellung zu den von Aristoteles aufgeworfenen Gedanken schließt derartige a priori Zweifel und a priori Einwände aus. Denn wie am Anfange unserer Gespräche gesagt wurde, wollen wir die Gedanken, die hier von Aristoteles systematisch vorgelegt werden, in ihren Konsequenzen verfolgen und prüfen, ob sie eine geeignete Grundlage der modernen Physik zu bilden imstande

sind. Die entscheidende Antwort auf dieses breit angelegte Gedankenexperiment kann uns erst der Abschluß unserer Gespräche geben. Dabei ist natürlich nicht ausgeschlossen, daß Teilprobleme sich schon früher selbständig herauslesen werden. Die Zuordnung zwischen Menschenwerk und Naturwerk ist nun einmal die Idee des Aristoteles, und deshalb soll und muß sie hier von uns kritisch beleuchtet und bewertet werden.

PHYSICUS: Da die soeben vorgebrachte Argumentation tatsächlich die Unzuständigkeit der Frage der Zuordnung im Rahmen unseres Gespräches dargetan hat, können wir uns mit einer konkreten Schwierigkeit, die mit der Zulassung der Zuordnung zusammenhängt, befassen. Wenn Aristoteles als Beispiele für seine Physik, also für das von Natur aus Seiende, gerade das vom Menschen aus Seiende anführen darf, dann sind wir in der unangenehmen Lage, daß wir die Zuordnung in Form einer Unterordnung durchführen müssen. So ist für Aristoteles das betrachtete Ding der Sessel. Sein Wesen ist dann das Holz. Für mich ist als physikalisches Objekt das Holz anzusehen, dessen Wesen dann die Moleküle des Holzes. Ebenso verhält es sich mit dem Beispiele aus Erz. Wenn also auch bei dieser sozusagen vertikalen Zuordnung bestimmte Merkmale glücklich herausgearbeitet werden konnten, so bleibt dennoch die Frage offen, ob die direkte Aufweisung von konkreten Beispielen eines Naturwerkes bei der Konfrontation von alter und moderner Auffassungsweise nicht weitere neue Merkmale erkennen ließe. Wir können direkt an unsere vertikale Zuordnung anknüpfen und fragen: Was wäre von dem Holze und von dem Erze als Dingen der Natur zu sagen, welche bisher bloß als Wesen von Menschenwerken besprochen worden sind?

ARISTOTELES: Wenn dann jedes von diesen Wesen wiederum zu einem anderen sich ebenso verhalte, wie z. B. Erz und Gold zu Wasser, Knochen und Holz aber zur Erde, und auf gleiche Weise jedwedes der übrigen, so sei eben dieses andere die Natur und das Wesen jener.

LOGICUS: Vielleicht wäre es hier von rein historischem Standpunkte vorteilhaft, den vorgelegten Ausspruch durch eine sinngemäße Ergänzung leichter verständlich zu machen, ohne dabei an seinem Sinne auch nur das geringste zu ändern: Wenn dann jedes von diesen Wesen wiederum zu einem anderen sich ebenso verhalte, wie z. B. Erz und Gold zum Wasser, in welches sie verwandelt werden können, und Knochen und Holz zur Erde, in welche diese verwandelbar sind, und auf gleiche Weise jedwedes der übrigen, so sei eben dieses andere

z. B. Wasser bzw. Erde die Natur und das Wesen jener z. B. des Erzes und Goldes bzw. der Knochen und des Holzes.

PHYSICUS: Es ist gar nicht schwer, das eben Gesagte ganz modern auszudrücken. Wir sprechen heute von der Verwandlung oder noch besser von der Zerlegung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff und können dann im aristotelischen Sinne sagen, daß diese beiden Elemente das Wesen des Wassers darstellen. Ebenso können wir dann die Natur der Knochen im Elemente Kohlenstoff sowie in den übrigen dazugehörigen Elementen finden. Die Rolle der chemischen Elemente hatten seinerzeit das Wasser, die Erde, die Luft und das Feuer. Wenn wir dies im Auge behalten, ist das aristotelische Beispiel vom modernen naturwissenschaftlichen Standpunkte aus klar.

LOGICUS: Ein weiteres Merkmal dessen, was hier als Wesen angesprochen wird, ist also *das Endprodukt, auf welches sich das Ding zurückführen läßt.*

PHYSICUS: Dieses Merkmal führt in der vorliegenden Charakteristik noch zu Mehrdeutigkeiten. Ich kann ein physikalisches Objekt in seine Moleküle zerlegen, sind die Moleküle recht komplizierten Aufbaues, wie wir dies besonders bei den organischen Verbindungen anzutreffen pflegen, dann läßt sich noch eine, oder sogar mehrere Stufen der Zerlegung auf einfachere Moleküle bewerkstelligen, dann können wir die Moleküle in Atome zerlegen, wodurch eine weitere Zerlegungsstufe entsteht. Endlich ist es heute auch bereits möglich, die Atome weiter zu zerlegen in Elektrone, Protone, Neutrone u. a. Ob diese letztgenannten Teilchen weiter zerlegbar sind, ist derzeit noch nicht bekannt. Wir haben aber gute Gründe, ihre weitere Unumwandelbarkeit zu bezweifeln. Auf welcher von diesen Stufen sollen wir nun das Wesen des betrachteten Objektes suchen?

LOGICUS: Sollte eine von den Zwischenstufen durch irgendein Kriterium besonders ausgezeichnet werden, was bisher nicht der Fall war, dann wäre die Entscheidung eindeutig. Ist dies aber nicht der Fall, so bleibt vom formalen Standpunkte aus eine zweifache Möglichkeit: entweder wird die nächstniedrige Stufe, oder die letzte überhaupt mögliche Stufe zur Natur des Dinges gestempelt. Allerdings ist nicht einmal eine prinzipielle Mehrdeutigkeit im Sinne einer abgestuften Hierarchie von der Hand zu weisen. Das Ding hat dann in erster Linie diese und diese Natur, in zweiter Linie diese und diese, u. s. f. bis endlich in letzter Linie diese und diese Natur.

PHYSICUS : Jede dieser Lösungen hat etwas für sich. Die nächstniedrige Stufe hat großen praktischen Wert, sowohl für den wissenschaftlichen Experimentator, als auch für den Techniker. Die Hierarchie der Stufen ermöglicht sowohl dem Praktiker als auch dem Theoretiker einen sehr schnellen Überblick über die inneren Zusammenhänge zwischen zwei oder mehreren Dingen. Die letzte überhaupt mögliche Stufe ist allerdings theoretisch am interessantesten. Sie schafft zunächst die Vielheit der Wesen aus der Welt, indem sie sie auf eines reduziert. Aus demselben Grunde ist die Eindeutigkeit sofort gegeben. Die leichte Erfassung der Zusammenhänge theoretischer Art ist ein weiterer Vorteil. Alles dies sind dann schließlich bloß Konsequenzen des in der menschlichen Wissenschaft zugestandenem oder nicht zugestandenem, aber trotzdem lebendigen Prinzips der größten erreichbaren Einfachheit des Naturwerkes¹. Obzwar wir also ganz eindeutig unsere eigene Tendenz von vornherein klargelegt haben, wollen wir nun mit Verständnis die Ansicht Aristoteles in der Auswahl zwischen den verschiedenen Möglichkeiten prüfen.

ARISTOTELES : Die einen sagten, Erde sei die Natur des Seienden, andere, sie sei Feuer, andere, sie sei Luft, andere, sie sei Wasser, wieder andere, sie sei alles dieses ; nämlich, was einer von ihnen derartiges annahm, sei es eines oder mehrere, eben dies oder ebensovieles bezeichnete er auch als das gesamte Wesen, wohingegen alles Übrige nur ein Zustand und ein Sichverhalten und eine Einrichtung jener Grundwesen sei.

LOGICUS : Die verschiedenen Wahlen sind hier durchwegs von der Grundannahme geleitet, daß es sich immer um ein oder mehrere *Grundwesen* handelt. Dadurch ist die Auswahl der von uns aufgezählten Möglichkeiten getroffen.

PHYSICUS : Die Auswahl ist insofern eindeutig, als wir also als Wesen die letzte überhaupt mögliche Stufe ansprechen sollen. Erst jetzt wird es klar, daß die von uns den aristotelischen Beispielen beigefügte moderne Auslegung der Zerlegung in Elemente nicht der letzten überhaupt möglichen Stufe entspricht. Da wir befürchten, es gäbe in der Physik überhaupt keine solche letzte Stufe, wenigstens keine

¹ Eingehende Belege für die Lebendigkeit des Einfachheitsprinzips in der Geschichte der physikalischen Forschung finden sich bei *H. Weyl*, Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft, Sonderausgabe aus dem Handbuche der Philosophie, S. 115.

bekannte, so wollen wir uns vorerst noch vergewissern, ob die letzte Stufe in unserem Sinne, d. h. als weiter nicht verwandelbare oder zerlegbare Elemente, wie etwa dies lange von den chemischen Elementen galt, auch von Aristoteles so aufgefaßt wird. Wir stellen also direkt die Frage, was von den als Grundwesen bezeichneten Elementen in Bezug auf ihre Unzerlegbarkeit und gegenseitige Überführbarkeit zu halten ist.

ARISTOTELES: Jedwedes von diesen Wesen soll tatsächlich ewig sein nach der bisher betrachteten Auffassungsweise. Ein wechselseitiges Übergehen derselben ineinander gebe es nicht. Alles Übrige aber werde und vergehe unzähligemale.

PHYSICUS: Die Physik kennt zu verschiedenen Epochen verschiedene Grundwesen. Eine Zeit lang waren es die Atome, dann die Protone, Neutrone und Elektrone sowie Positrone. Schließlich das Energiequantum. Die Atome waren, wie schon die Etymologie des Wortes zeigt, weiter unzerlegbar, ineinander unverwandelbar und von ewiger Stabilität. Dann wurde das Atom zertrümmert, theoretisch und praktisch aufgebaut, ein Atom in ein anderes verwandelt; manche Atomarten, wie die radioaktiven Elemente, besorgten diese einst für alchymistisch gehaltenen Wunder selbst. Die Merkmale der Grundwesen waren an den Atomen verloren gegangen und die Physik schob sie der kleineren Sorte von Bausteinen zu. Jetzt wurde das Elektron weiter unzerlegbar, das Positron, das Proton, gegenseitig unverwandelbar, wurden sie auch, von ewiger Dauer auch, also bloß ein Rutscher um eine Stufe abwärts. Die Merkmale der Grundwesen waren wieder gerettet. Unter diesen Verhältnissen ist es nicht Wunder zu nehmen, daß der menschliche Geist danach trachtete, auch die Bausteine dieser Stufe wieder ihrer Sonderstellung zu berauben. Und es ist ihm tatsächlich gelungen. Das Elektron und das Positron können durch gegenseitige Vereinigung sich vernichten und ein Lichtquantum erzeugen, und umgekehrt, ein Lichtquant kann sich in ein Paar Elektrone und Positrone verwandeln¹. Die gegenseitige Unverwandelbarkeit ist also wiederum verloren und die ewige Dauer ebenfalls. Im Gegenteil, das Merkmal aller übrigen zusammengesetzten Dinge: ihr ewiges Werden und Vergehen, erfüllen sich gerade dort, wo wir das Grundwesen suchten.

¹ Die Beobachtung einer Elektronenpaarerzeugung ist I. Curie und F. Joliot gelungen: *Compte rendu* (7/4, 494/1933).

Jetzt sind nur zwei Fälle möglich. Entweder ist Aristoteles mit seiner Definition des Grundwesens auf dem Holzwege, oder die Physik sucht die Grundwesen nach einer falschen Methode. Denn das ewige Verschieben der mit der aristotelischen Auffassung übereinstimmenden Merkmale von einer Gruppe erkannter Wesen auf immer kleinere könnte unbegrenzt fortgesetzt werden, würde aber auf solche Weise natürlich niemand befriedigen. Wir suchen eben nach irgendeiner natürlichen Abgrenzung unserer Erkenntnis.

LOGICUS: Ob Aristoteles auf dem Holzwege ist, können wir aus methodischen Gründen hier nicht beweisen, das kann erst im Rahmen unseres gesamten Experimentes geschehen. Unsere Methode verpflichtet uns vielmehr, den Weg der Physik einer kritischen Revision zu unterziehen und ihr eventuell den organisch aus der aristotelischen Auffassung sich ergebenden zu weisen. Überblicken wir noch einmal die letztgenannten *Merkmale der Grundwesen*: *unbegrenzte Stabilität, wechselseitige Unverwandelbarkeit, weitere Unzerlegbarkeit*. Dazu ein Kriterium für alles was *nicht Grundwesen* ist: *unzählige Werdens und Vergehens*. Kennt also die Physik ein Grundwesen dieser Art, oder glaubt sie an die wahrscheinliche Existenz eines derartigen, bisher noch nicht entdeckten Grundwesens?

PHYSICUS: Vom Standpunkte des Experimentalphysikers aus wäre man fast geneigt, diese Frage dahin zu beantworten, daß die Physik tatsächlich nichts Derartiges kenne und langsam auch den Glauben verliere an die eventuell noch nicht entdeckte Existenz eines derartigen Grundwesens. Nichtsdestoweniger sucht vor allem der Experimentalphysiker selbst in dieser Richtung emsig weiter. Und nur vom Standpunkte des Experimentalphysikers wurde unsere Frage nach dem Grundwesen bisher beleuchtet.

LOGICUS: War es notwendig, so lange einen derart einseitigen Standpunkt zu vertreten?

PHYSICUS: Die von Aristoteles angeführten Beispiele in ihrer konkreten Fassung nötigten zum experimentellen Standpunkte. Dieser ist unabhängig von größeren, gedanklichen Konzeptionen und daher sehr geeignet, neue fremde Glieder in erster Annäherung den vorherrschenden Theorien anzupassen. Dagegen hat der Theoretiker wieder die größere Übersicht über die Tragweite der vorherrschenden oder jeweils auftauchenden Ideen. Deshalb soll auch der Standpunkt des

Theoretikers sogleich folgen und so den physikalischen Standpunkt ergänzen.

LOGICUS: Sind nun die Ansichten der Theoretiker durchwegs einig, oder ringen vielmehr verschiedene Anschauungen gleichzeitig um die Vorherrschaft?

PHYSICUS: In der theoretischen Physik ist schon vor einigen Jahren die Quantentheorie zu einer allseits anerkannten Vorherrschaft gelangt und hat auch seitdem alle noch restlichen Probleme des Atombaues mit Ausnahme des Atomkernes befriedigend gelöst¹. In dieser Hinsicht ist der Standpunkt der Quantentheorie eindeutig. Aber eine andere Schwierigkeit liegt in dem Umstand, daß ein und dieselbe Theorie in drei verschiedenen Interpretationen vorliegt, was natürlich von weittragender Bedeutung für eine solche Fragestellung wie die unsrige ist.

LOGICUS: Da wir alle heute möglichen Gedankengänge der Physik in Rechnung ziehen wollen, wird es wohl am besten sein, alle Interpretationen einzeln durchzunehmen und dann erst die vorgelegte Frage nach dem Grundwesen zu beantworten suchen.

PHYSICUS: Wir können die Quantentheorie oder noch allgemeiner die ganze heutige Quantenphysik auf drei verschiedene Arten auslegen. Sie seien hier jetzt kurz charakterisiert.

I. Die erste Möglichkeit verkörpert der Glauben an ein Modell, d. h. wir sind davon überzeugt, daß auch das kleinste physikalische Objekt, wie z. B. das Atom, durch ein gewisses bildliches oder mechanisches Bauwerk dargestellt werden kann, daß diese Darstellung den tatsächlichen Sachverhalt in den wesentlichen Punkten richtig wiedergibt und daß eventuelle Abweichungen klein und untergeordneter Natur seien und daß sie mit dem Fortschritte unserer naturwissenschaftlichen Erkenntnis leicht zu erledigen sein werden².

II. Eine zweite Möglichkeit liegt darin, daß wir von der Existenz wenigstens gewisser Merkmale des Modells überzeugt sind. Solche Merkmale sind z. B. die physikalischen Konstanten, die verschiedenen

¹ *W. Pauli* im 2. Kapitel: Die allgemeinen Prinzipien der Wellenmechanik, im Handbuche der Physik, Band XXIV, 2. Auflage, S. 214, Berlin 1933.

² Die Notwendigkeit der Modellvorstellung im Anfangsstadium eines zu erforschenden Problem es hebt *R. Hund* hervor: 4. Kapitel: Allgemeine Quantenmechanik des Atom- und Molekelbaues, S. 562 des Handbuches der Physik. Vgl. Note 1.

Strukturverhältnisse, die Radien der Umlaufbahnen, die geometrischen Formen der Bewegung der kleinsten Teilchen u. a. m. In diesem Falle sind wir nicht der Ansicht, daß die von uns anerkannten Merkmale Eigenschaften eines Modells sind, welches in Miniaturform in der Welt der Atome verwirklicht ist. Das Modell dient in diesem Falle bloß dazu, die einzelnen charakteristischen Merkmale irgendwie gedankemäßig zu verbinden, da wir überzeugt sind, daß diese Merkmale irgendwie zusammengehören. Es ist eine Art Analogieschluß, indem wir schließen, daß in dieser oder in ähnlicher Form in Wirklichkeit die Merkmale so zusammenhängen, wie im Falle des künstlich erdachten Modells. Dieser Standpunkt ist sehr scharf dadurch charakterisiert, daß wir uns über das Wesen des eventuellen Trägers der einzelnen Merkmale aus prinzipiell methodischen Gründen keine konkreten Vorstellungen machen ¹.

III. Endlich haben wir die dritte Möglichkeit, welcher die absolute Loslösung von jedweden Modellvorstellungen entspricht. Hier wird nicht einmal in Analogieform vom Modell Gebrauch gemacht. Die einzige Ausgangsbasis sind dann die reinen experimentellen Meßergebnisse, welche direkt in einer geeigneten mathematisch formalen Theorie ausgewertet werden. Dieser Standpunkt stellt eine konsequente inhaltsleere, rein mathematisch formale Interpretation der Quantenphysik dar ².

LOGICUS: Läßt sich der Wert der einzelnen Interpretationen vergleichend abwägen?

PHYSICUS: Für die Beantwortung einer solchen Frage kommt es einzig auf den Zweck an, dem die betreffende Interpretation dienen soll. Für die Experimentalphysik ist die erste Interpretation mit ihrem Glauben an ein wirkliches, wirklichkeitsnahes Modell sozusagen unentbehrlich und äußerst fruchtbar. Denn ein Experimentator ohne Phantasie und Vorstellungskraft gleicht einem Lahmen, welcher den

¹ Die zweifach mögliche Interpretation der Grundbegriffe der Physik entweder als Dinge, die unabhängig von der Naturwissenschaft selbständig existieren, oder als bloße begriffliche Hilfsmittel der Naturbeschreibung erwähnt *R. v. Mises*, Über kausale und statistische Gesetzmäßigkeit in der Physik, Naturwissensch. 1930, S. 147.

² *N. Bohr*, Naturwissensch. 1930, S. 87: ... wir müssen nur auf die Notwendigkeit einer immer weitergehenden Abstraktion von unseren angewohnten Forderungen an die unmittelbare Anschaulichkeit der Naturbeschreibung vorbereitet sein.

Weltrekord im 100 m-Laufen brechen will. Auch die populären Darstellungen der Physik werden ohne die erste Interpretation mit Hilfe der auch für den Laien so anschaulichen Modelle nicht auskommen. Die konkrete Denkweise der aristotelischen Beispiele hat auch uns im vorangegangenen Teil unseres Gespräches diese Interpretation als physikalischen Standpunkt aufgezwungen. Für die theoretische Verarbeitung des experimentellen Materials dagegen wird die zweite Interpretation vorteilhafter sein. Sie erlaubt zwar noch als Notbehelf die Modellvorstellung, ist aber dabei elastisch genug, um sich den logisch formalen Notwendigkeiten des abstrakten Denkens nach Bedarf anzupassen. Für ein selbständiges Schaffen endlich, welches sich so gut wie gar nicht an hergebrachte Vorstellungen binden will, um nur ganz und gar unabhängig zu sein, ist natürlich die dritte Interpretation aus prinzipiellen Gründen die einzig annehmbare. Wenn z. B. eine von Grund aus neue Theorie aufgestellt werden soll, kann doch wirklich keine bessere Richtschnur gegeben sein als diejenige, die uns die dritte Interpretation zeigt: als Grundlage bloß das anzuerkennen, was wirklich anerkannt werden muß: die Meßergebnisse, die kritische Bewertung der dabei benützten Methode und logisch reine Gedankenarbeit.

LOGICUS: Es sollte also scheinen, daß für unsere Frage bloß die dritte Interpretation in Frage kommen kann.

PHYSICUS: Wir haben bereits vorher gezeigt, daß der Standpunkt der ersten, der Modellinterpretation, den aristotelischen Beispielen sehr nahe kommt, ohne dessen Begriff des Grundwesens physikalisch begreifen zu können. Nachdem auch nicht ein einziges Merkmal des von Aristoteles postulierten Grundwesens in der Physik zu entdecken war, besteht auch keine Aussicht, im Rahmen der zweiten Interpretation eine positive Lösung unserer Frage zu finden. So bleibt nur die letzte, die modellberaubte, der Vorstellung entblößte, dritte Interpretation übrig.

LOGICUS: Wie ließe sich nunmehr vom Standpunkt der dritten Interpretation unsere Problematik charakterisieren?

PHYSICUS: Wir können behaupten, daß keineswegs die Möglichkeit ausgeschlossen erscheint, den aristotelischen Grundbegriff des Unformierten in die Physik einzuführen und das deshalb, weil der von uns angenommene dritte Standpunkt im Sinne von Heisenberg trotz der hohen Entwicklung der Quantentheorien, wie schon erwähnt,

an keine Modelle, an keine Bilder oder andere derartige Vorstellungen anknüpft, welche uns in der Einführung des neuen Grundbegriffes hindern würden. Wie wir also auf der einen Seite kein Hindernis für die Einführung der neuen Begriffe zu befürchten brauchen, so würden wir andererseits vergebens einen positiven Anhaltspunkt für unsern Begriff suchen. Der Physiker schweigt hier. Die Philosophie hat das Wort.

LOGICUS: Die Philosophie hat bereits vorgeschlagen, welchen Begriff sie in der Physik verwirklicht zu sehen wünscht. Vielleicht ließe sich der besprochene Begriff noch einmal zusammenhängend ausdrücken, bevor wir versuchen, ihn in der Physik irgendwie zu identifizieren.

ARISTOTELES: *Dies ist also die eine Auffassungsweise, nach welcher die Natur in diesem Sinne der erste Stoff genannt wird, welcher jedem von demjenigen, was einen Anfang von Bewegung und Veränderung in sich hat, zu Grunde liegt.*

LOGICUS: In dieser Zusammenfassung haben wir nun auch eine bestimmte Benennung für das gesuchte Grundwesen angenommen, den ersten Stoff. Zur Ergänzung sei bloß wiederholt, daß wir in unseren früheren Gesprächen erfahren haben, daß der Begriff « was einen Anfang der Bewegung oder Änderung in sich hat » identisch ist mit dem Begriff des « von Natur aus Seienden ». Wir haben also jetzt danach zu trachten, daß sich auch für die Physik der Satz bewahrheite: Jedem physikalischen Objekte liegt der erste Stoff zu Grunde.

PHYSICUS: Zwei Möglichkeiten sind von vornherein zu überblicken: entweder ist gar kein Platz für den ersten Stoff in der Physik zu finden, was dann zur Lösung unserer Aufgabe eine gänzliche Umarbeitung der Physik in Form einer neuen Theorie zu Folge haben würde, oder der erste Stoff ist in irgendeinem der gebräuchlichen physikalischen Begriffe mit enthalten.

LOGICUS: Da wir in unseren Gesprächen von der heute vorherrschenden Physik ausgehen, kommt vor allem die zweite Möglichkeit in Betracht. Ich schlage vor, die Untersuchung mit dem allgemeinsten Begriff der Quantenphysik zu beginnen, mit dem Begriff der Energie.

PHYSICUS: Der Begriff Energie ist etwas quantitativ Bestimmbares und Bestimmtes, daher keineswegs Unformiertes, wie es das wichtigste Merkmal verlangt. Also unbrauchbar.

LOGICUS : Diese arbeitsleistende Energie paßt wohl nicht hierher. Aber vielleicht die nicht arbeitsleistende, wie z. B. die Energie der Lage.

PHYSICUS : Von der Energie der Lage gilt dasselbe, wie von der arbeitsleistenden Energie.

LOGICUS : Ganz dasselbe nicht. Gemessen wird direkt bloß die arbeitsleistende Energie. Nur wenn ich bereits aus Erfahrung die zu erwartende arbeitsleistende Energie kenne, kann ich von diesem erwarteten Gesamtbetrag die eventuell schon geleistete Energie abrechnen und der Restbetrag ist das, was dann als Energie der Lage, « gemessen » oder « berechnet » wird.

PHYSICUS : Auch direkt kann aber die Energie der Lage gemessen werden, z. B. durch den Druck auf die Wände eines Gefäßes. In dieser Gleichgewichtslage z. B. zwischen Flüssigkeit und Gefäßwänden sprechen wir nicht von Arbeit, sondern bloß von der Energie der Lage der Flüssigkeitsmenge und können diese direkt messen. Jedenfalls ist die Energie in diesem Sinne auch ohne Arbeitsleistung nicht mit dem ersten Stoffe indentifizierbar.

LOGICUS : In einer anderen Richtung scheint noch an dem Energiebegriff etwas ungeklärt. Die Physik kennt eine ganze Reihe verschiedener Energien. Alle diese Energien können wechselseitig ineinander verwandelt werden. Alle diese Umsetzungen nun werden beherrscht vom Gesetz der Erhaltung der Energie, welches auch in der Quantentheorie seine Geltung, als eines der wenigen von früher her überlebenden, beibehält. Nach diesem Gesetze kann keine Energie irgendwie unkontrollierbar verloren gehen. Wir haben es also mit einer exakten, wohldefinierten Umsetzung von einer Art Energie in eine andere Art zu tun. Wenn aber eine Umsetzung von der Energie *A* in die Energie *B* vor sich geht, so bedeutet das, daß die Art *A* verschwindet und die Art *B* entsteht. Wenn nun eine Energie sich in eine andere Energie verwandelt, so muß doch, rein logisch betrachtet, irgendetwas bei diesem Prozeß dauernd bestehen, da sonst doch überhaupt die Identität « dieses » Prozesses nicht feststellbar wäre. Was soll aber nun dauern bei dieser Verwandlung ?

PHYSICUS : Die Größe der Energie !

LOGICUS : Die Größe allein kann nicht bestehen. Zwei Größen vor und nach der Verwandlung werden verglichen, und werden als gleich groß befunden, aber auch dieser Vergleich ist nur denkbar,

wenn sie irgendeine gemeinsame Unterlage haben. Was ist diese Unterlage? Auch addiert werden Energien. Aber addieren ist nach den mathematisch-logischen Gesetzen bloß dann zulässig, wenn wir eine Unterlage besitzen, die den zusammenzählenden gemeinsam ist und die erst die Anwendung der ganzen Zahlen ermöglicht. Wo ist diese gemeinsame Unterlage im Falle der Energie?

PHYSICUS: Die Energie als solche, ohne nähere Bestimmung.

LOGICUS: Soll das den übergeordneten Begriff zu den einzelnen bekannten Energiearten bedeuten, dann ist diese Begründung unhaltbar. Denn der übergeordnete Begriff kann nicht als Unterlage der Zahl und des Addierens dienen. Soll damit aber eine nicht weiter quantitativ bestimmte, eben gänzlich unformierte Unterlage gemeint sein, so haben wir eben eine energetische Unterlage, die die Physik nicht gut Energie nennen darf, da Energie von ihr immer als etwas quantitativ Bestimmtes behandelt wird. Wir wollen daher nicht von Energie sprechen, sondern nach aristotelischer Ausdrucksweise vom ersten Stoff. *Der erste Stoff ist nichts anderes als die denknnotwendige Unterlage für die mit der Energie in der Physik vorgenommenen Operationen.*

PHYSICUS: Wenn der erste Stoff wirklich nicht mehr sein will als diese unschuldige Kleinigkeit, dann können wir ihn in der Physik ruhig zulassen. Aber trotz seiner Denknnotwendigkeit kann ich mich des Gefühles nicht erwehren, daß wir etwas Überflüssiges, wenigstens im physikalischen, wenn auch nicht im logischen Sinne, auf diese Weise in die Physik aufnehmen. Denn unser dritter Standpunkt verwirft alles, was nicht unumgänglich notwendig ist. Und die ganze Entwicklung der Quantentheorie ist ein einziger großer Beweis dafür, daß die Physik auch ohne diesen Begriff auskommt.

LOGICUS: Vor allem ist es wahrscheinlich, daß eine Denknnotwendigkeit, auch wenn wir uns ihrer nicht explicite bewußt sind, dennoch implicite in unserer Begriffsbildung ihre Rolle spielt, so daß ein Verstoß gegen sie nicht gut oder wenigstens nicht so leicht möglich ist. So wäre die bisherige Entwicklung der Quantentheorie sehr gut auch von diesem Standpunkt aus begreiflich. Dabei ist vorerst noch abzuwarten, ob der Physik nicht auch irgendein Vorteil zukommen kann, wenn diese Denknnotwendigkeit mit Wissen explicite in diese Wissenschaft eingeführt wird. Ein Vorteil, der der Grundlage der

Quantentheorie zu gute kommt, ist schon jetzt klar. In der theoretischen Physik sind bloß die Arten und die Größen der Energie Objekte der Theorien. Die ganze Quantenphysik mit ihren energetischen Zuständen, mit ihren mathematischen Ausdrücken, Formeln, Gleichungen und Funktionen ist ein einziges großangelegtes System von quantitativen Formen, wobei die einzelnen Energiezustände diskontinuierliche Größen darstellen, zu deren mathematischen Beherrschung eine eigene Rechnungsart, die sogenannte Matrizenmechanik nötig war. Diese läßt aber in keiner Weise erkennen, wie die einzelnen diskontinuierlichen Größen der Energiezustände überhaupt ein zusammenhängendes System bilden können; es wäre ja ganz gut eine derartige Gesamtheit von Energiezuständen denkbar, die jeder mathematischen Behandlung praktisch sich widersetzen würden. Hätten nun alle diese diskreten Energiezustände eine gemeinsame Unterlage, so wäre die großartige Systembildung leicht begreiflich und die einzelnen Energiezustände würden ihr mysteriöses Einzeldasein vom plötzlichen Entstehen zum plötzlichen Vergehen für eine klare Existenz eintauschen. Der erste Stoff als gemeinsame, erste, unformierte Unterlage leistet uns diesen Dienst.

PHYSICUS: Dieser Vorteil und ähnliche, die sich eventuell später zeigen sollten, haben für die Physik in ihrer heutigen Orientierung größere Beweiskraft als die schärfsten logisch-spekulativen Überlegungen. Und dieser Standpunkt kann der Physik nicht übelgenommen werden. Eine Umorientierung, die selbstverständlich die Einführung eines neuen Begriffes zur Folge hat, stellt eine große geistige Anstrengung dar, die nur dann aufgenommen wird, wenn sie wirklich irgendeinen Fortschritt fördert, da bloße Umgruppierung der Begriffe ohne weiteren Nutzen bloß einen Schaden darstellt: nämlich die Vermehrung der Anzahl der benützten Begriffe.

LOGICUS: Wir können also den ersten Stoff auch in dieser Hinsicht keineswegs als nutzlosen Zuwachs des Begriffsschatzes der Physik ansehen.

PHYSICUS: Das einzige, was mir von Seiten der aristotelischen Anregungen noch nicht genügend aufgeklärt erscheint, ist der Charakter der von ihm benützten Beispiele. Man könnte einfach sagen, daß sie heute nur mehr historischen Wert haben, da wir heute kaum noch das Holz als ersten Stoff des Stuhles und das Erz als ersten Stoff der

Statue ansprechen können. Aber nicht einmal vom historischen Standpunkte aus kann man begreifen, wie das Holz und das Erz Grundwesen sein sollten. Man muß doch bedenken, daß Aristoteles die Verwandelbarkeit des Holzes in Asche beim Verbrennungsprozesse gut bekannt war. Hier geht es um eine Inkonsequenz oder vielleicht um ein bloßes Analogiebeispiel.

LOGICUS: Wenn wir von Inkonsequenz so lange absehen, als irgendeine andere Auslegung zu Gebote steht, so bleibt bloß das Analogiebeispiel zur Deutung übrig.

PHYSICUS: Soeben wollte ich als eventuellen Beweggrund für die Wahl dieses Stuhlbeispiels darauf hinweisen, daß im Charakter des Stuhles als Menschenwerk die Antwort zu suchen sei. Aber gleichzeitig besann ich mich der Hinfälligkeit einer solchen Erklärung, da doch auch Naturwerke, wie die Bäume, das Holz als ersten Stoff haben und so auch bei den Naturwerken diese Schwierigkeit fortbesteht.

LOGICUS: Die Erklärung dürfte wirklich anderswo liegen. Wir sahen, wie schwer erfaßlicher Natur der Begriff des ersten Stoffes für die Physik war. Es war daher schon für Aristoteles nichts näherliegend als eine Analogie, die die logische Struktur des Verhältnisses zwischen Objekt und ersten Stoff als Grundwesen so gut als möglich wiedergibt, zu benützen. Wie ohne Holz kein Holzstuhl, so ohne ersten Stoff kein physikalisches Objekt. Wie das Holz nach Vernichtung des Stuhles als Sitzgelegenheit weiter Holz bleibt, so der erste Stoff nach Vernichtung des Objektes. Die zeitlich unberührte Dauer des ersten Stoffes, sein Charakter als unentbehrliche Unterlage des Objektes, seine Unabhängigkeit von den Veränderungen des Objektes sind dadurch als sehr wichtige Merkmale auf einleuchtende Art dem Verständnisse nähergebracht. Die Unzerlegbarkeit, die Unverwandelbarkeit und die Unformiertheit werden als weitere Merkmale einfach postuliert. Durch Beispiele können diese Merkmale nicht erläutert werden, da sie, wie wir bereits gesehen haben, einzig dem sinnlich nicht konstatablen ersten Stoffe zukommen. Dies liegt in dem Merkmale der Unformiertheit begründet. Denn Unformiert ist soviel wie ohne Form und gerade die Form ist, wie wir in der Quantenphysik zu Genüge sehen, das einzig erfaßbare.

PHYSICUS: Sollen also die aristotelischen Beispiele in ihren übereinstimmenden Merkmalen bloß zufällige Analogien sein, oder ist

diese Übereinstimmung auf eine innere Strukturverwandtschaft zurückzuführen? Die Übereinstimmung ist etwas, was sicherlich nicht bloß vom physikalischen Standpunkte aus bemerkenswert genannt werden kann.

LOGICUS: Die übereinstimmenden Merkmale im Analogiebeispiele charakterisieren gerade das, was wir als eventuelle Stufen des Zerlegungsprozesses eines physikalischen Objektes dargestellt haben. Die Stufe ist charakterisiert durch das Produkt der betreffenden Zerlegung, ist aber mit ihr nicht identisch. Die Molekel NaCl läßt sich zerlegen in die Atome Na und Cl. Beide Atome stellen das Zerlegungsprodukt der Molekel dar. Beide charakterisieren also die höchste Stufe des Zerlegungsprozesses der Molekel NaCl. Die Stufe selbst aber ist das nicht näher hier zu Beschreibende, was dem Zerlegungsprodukte, also hier den beiden Atomen in dem noch nicht zerlegten Objekte, in der noch nicht zerlegten Molekel, entspricht. Ob das direkt die Atome selbst sind, ist physikalisch nicht ganz einwandfrei festgestellt. Wenn auch vielleicht in diesem Falle der Zweifel nicht gar laut ist, so kennen wir, gemäß der abstrakten Denkweise der Quantentheorie, schon viele Fälle, wo es fast sicher ist, daß im unzerlegten Objekte keineswegs das Zerlegungsprodukt fertig vorliegt. Wohl aber sind gewisse Dispositionen¹ vorhanden, beim Zerlegungsprozesse das erwartete Produkt entstehen zu lassen. Diese physikalische Tatsache zwingt uns zu der vorsichtigen Ausdrucksweise, daß, wie schon gesagt, die Stufe dasjenige ist, was in dem noch nicht zerlegten Objekte dem Zerfallsprodukt entspricht. In diesem Sinne ist die Zerlegungsstufe der Na und Cl Atome auch wieder ein Stoff, eine zur Molekel noch nicht formierte Unterlage von zeitlich unberührter Dauer, ganz unabhängig von den Veränderungen der Molekel. In diesem Sinne ist auch das Holz der Stoff des Sessels auf der höchsten Zerlegungsstufe. Wenn wir dann im Zerlegungsprozesse fortschreiten, so gelangen wir schrittweise zu niedrigeren und niedrigeren Stufen, bis wir zur vorletzten und letzten Stufe gelangt sind. Die vorletzte Stufe ist durch das letzte bekannte Endprodukt des Zerlegungsprozesses charakterisiert. Es werden da

¹ G. M. Manser O. P., Div. Thom. 1934, S. 232: Wenn unter wirkursächlichem Einflusse eine frühere Form, die eine bestimmte Materie aktuierte, untergeht und eine neue allmählich, durch eductio aus der Potenz der Materia prima, zur Herrschaft kommt, so setzt sie eine neue Dispositio der Materie zur neuen Form voraus, die der neuen Form unmittelbarst « in maxima propinquitate » proportioniert ist und ihren Akt vorbereitet.

etwa Protone, Elektrone und ähnliche Produkte zur Charakteristik dienen. Diese Stufe in ihrem Charakter als vorletzte ist von der Entwicklung der physikalischen Forschung abhängig.

Die letzte Stufe ist prinzipiell verschieden, sie ist der bereits im Zerlegungsprozeß nicht mehr sinnlich konstatierbare, aber denknötwendig erzwungene erste Stoff. Wenn wir nun im Anklang an die aristotelische Bezifferung des « ersten » Stoffes diese letzte Stufe auch als erste bezeichnen, dann können wir, den Zerlegungsprozeß zurückverfolgend, von der zweiten, der dritten Stufe usw. bis zur höchsten Stufe gelangen, welche im Falle der NaCl Molekel die Stufe der Atome Na und Cl war. Von der zweiten bis zur höchsten, also mit Ausnahme der ersten, können wir von den höheren Stufen sprechen und können dann sagen, daß die höheren Stufen dadurch gekennzeichnet sind, daß sie einige der Merkmale der ersten Stufe, also des ersten Stoffes besitzen, aber nicht alle. Dadurch ist auch die Wahl der aristotelischen Beispiele tiefer begründet als in einer etwa zufälligen Analogie.

PHYSICUS: In Anbetracht dieser Interpretation der Stufen scheint mir der Stoffbegriff genügend aufgehellert, um in der Physik angewendet werden zu können.

LOGICUS: Jetzt habe ich allerdings noch nicht die bedingungslose Zustimmung der Physik erwartet, da die früher angenommene Interpretation des ersten Stoffes als Unterlage der Energie bzw. der Energieprozesse angenommen wurde und da in der Stufeninterpretation der Energiebegriff nicht enthalten scheint. Auch scheint mir die Stufeninterpretation, die ich vorgelegt habe, nicht ganz dem abstrakten dritten Standpunkte zu entsprechen, den gerade der Physiker als einzig annehmbare Grundlage unserer Diskussion erklärt hat.

PHYSICUS: Glücklicherweise sind beide soeben ausgesprochenen Befürchtungen gegenstandslos. Es ist, um zuerst die eine zu entkräften, richtig, daß die Stufeninterpretation sich bloß mit Zerlegungsprozessen des physikalischen Objektes befaßt und auf diese Weise bloß zur Masse oder einem ähnlichen Begriffe kommt. Käme sie sogar bis zum Energiebegriff, so wäre die Zerlegung in Ordnung. Kommt sie aber zur Masse, so brauchen wir uns bloß der Einsteinschen Beziehung zwischen Masse und Energie bewußt zu werden, um unsere Befürchtung zu zerstreuen. Nach dieser Beziehung entspricht jeder Masse eine ganz bestimmte Energie, sodaß wir Masse direkt als Energie auffassen können, wodurch unser Zerlegungsprozeß also wieder befriedigend beendet ist.

Was die zweite Befürchtung anbelangt, daß wir die Grenzen des abstrakten dritten Standpunktes überschritten hätten, sind zwei Tatsachen im Auge zu behalten.

Die abstrakte Fassung der Quantentheorie und der Quantenphysik betrifft in erster Linie die der direkten Beobachtung unzugänglichen Gebiete der Atomphysik, welche allzuleicht zu fruchtlosen Hypothesen und makroskopischen Analogien führen könnten. Sie schafft aber keineswegs die makroskopisch sichtbaren physikalischen Objekte aus der Welt. Ein Krystall Steinsalz NaCl ist auch für den Quantenphysiker auf die Messerspitze faßbar, auch sichtbar, auf der Zunge schmeckbar, zwischen den Fingerspitzen fühlbar. Aber, was nicht direkt auf diese Art zu kontrollieren ist, muß kritisch, also so abstrakt als möglich, aufgebaut werden. Die Stufen des Zerlegungsprozesses eines Salzkristalles sind also auf einer ganz konkreten Erfahrung fundiert und daher berechtigt. Die zweite Tatsache, die hier zu beachten ist, ist die äußerst glückliche Stylistation der einzelnen höheren Stufen. Wie wir wissen, sind sie nicht einfach gleichgesetzt den betreffenden Produkten der Stufe des Zerfallsprozesses. Vielmehr sind sie definiert als dasjenige, was vor der Zerlegung den Zerfallsprodukten der betreffenden Stufe entspricht. So kommen wir einer äußerst abstrakten Denkweise entgegen, die sich in der neuesten Entwicklung der Physik geltend macht. So äußert N. Bohr¹ die Ansicht, daß der Atomkern die beim radiaktiven Zerfallsprozess freiwerdenden Teichen vorerst gar nicht in seinem Inneren besitzt und daß diese erst im Augenblicke der Emission entstehen. Aber auch schon früher wurde die Ansicht im Hinblick auf die Elektronenemission des Atoms geäußert. So soll das Umlaufelektron auch im Normalzustand des Atomes gar nicht vorhanden sein. Bloß gewisse, nicht näher zu beschreibende Dispositionen. Erst die Aussendung eines Elektrons soll der Augenblick der Entstehung eines Elektrons aus der nebelhaften, nicht gut definierbaren Hülle sein. Es ist nicht ausgeschlossen, daß wir Gelegenheit haben werden, auf diesen interessanten Zug der neuesten Physik zurückzukommen, wenn auch die aristotelischen Begriffskonstruktionen dieser Eigentümlichkeit angepaßt sind.

Die Physik macht sich also im Rahmen dieses Gespräches den Begriff des Stoffes durch folgende Definitionen zu eigen:

¹ N. Bohr, Naturwissensch. 1936, S. 242: Es ist sogar sehr zweifelhaft, ob die alfa-Partikel in der von den gegenwärtigen Theorien des alfa-Zerfalls angenommenen Weise überhaupt existieren.

Der erste Stoff ist das allen physikalischen Objekten Gemeinsame, was einem jeden von ihnen als Erstes, an sich noch Unformiertes und deshalb zeitlich Unberührtes, Unteilbares, Unverwandelbares, sinnlich Unwahrnehmbares, aber denknotwendig Erzwungenes zu Grunde liegt.

Der zweite Stoff ist das, was dem letzten Zerfallsprodukt eines noch nicht zerlegten physikalischen Objektes entspricht.

Der dritte, vierte ..., allgemein der n-te Stoff oder die dritte, vierte ..., allgemein die n-te Stufe des Stoffes ist das, was dem entsprechenden Zerfallsprodukt des noch nicht zerlegten physikalischen Objektes entspricht.

Höhere Stoffe sind die Stoffe vom zweiten angefangen, also alle Stufen mit Ausnahme der ersten.
