

**Zeitschrift:** Divus Thomas

**Band:** 17 (1939)

**Artikel:** Das Wirkungsquantum in aristotelischer Auffassung : physikalische Gespräche mit Aristoteles [Fortsetzung]

**Autor:** Pavelka, Artur

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-762532>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 22.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Das Wirkungsquantum in aristotelischer Auffassung.

Physikalische Gespräche mit Aristoteles.

Von Prof. RNDr. Artur PAVELKA, Prag.

(*Fortsetzung.*)

---

## II. Zum Begriff der Form.

LOGICUS: Wir müssen uns nunmehr ins Gedächtnis rufen, daß die ganze soeben behandelte Auffassungsweise, die den Stoff betraf, von *Aristoteles* ausdrücklich *Einigen* zugeschrieben wird und als *eine* der Auffassungsweisen. Es ist also zu erwarten, daß *Andere* eine oder mehrere *weitere* Auffassungsweisen vertreten.

ARISTOTELES: Nach einer anderen Auffassungsweise aber wird die Natur die Gestaltung und die begriffliche Form genannt.

PHYSICUS: Bevor wir noch an eine Besprechung der zweiten Auffassungsweise herantreten, müssen wir wissen, ob uns die erste mit der zweiten zur Auswahl vorgelegt werden oder ob beide nebeneinander bestehen sollen. Im ersten Falle müßten wir die physikalische Tragfähigkeit beider Begriffe gegeneinander abwägen, im zweiten Falle wäre das gegenseitige Abhängigkeitsverhältnis oder im Falle keines festzustellenden Zusammenhangs die gegenseitige Widerspruchslosigkeit zu untersuchen.

LOGICUS: Im Hinblicke auf die auch von der Physik im Rahmen unseres Gespräches zugestandene Denknotwendigkeit des Stoffbegriffes, kann von einer Verwerfung dieses Begriffes keine Rede sein. Jedenfalls wird es also notwendig sein, vorerst den Begriff für sich selbst zu durchdenken und im Falle seiner physikalischen Zulässigkeit sein Verhältnis zum Stoffbegriff klarzustellen.

PHYSICUS: Die zweite Auffassungsweise bietet uns nun gleich zwei Begriffe: Gestalt und begriffliche Form. Soll hier vielleicht eine Doppelauffassung vorliegen?

LOGICUS: Vorläufig ist es schwierig etwas zu sagen, zumal wir noch keinen weiteren Anhaltspunkt besitzen. Wie sieht es also zuerst mit dem Begriffe der Gestalt in der Physik aus?

PHYSICUS: Wenn wir uns auf den Modellstandpunkt stellen, so werden sich gar viele Anhaltspunkte auffinden lassen. Wenn allerdings die abstrakte Einstellung der Physik eingehalten werden soll, dann ist von Gestalt keine Rede.

LOGICUS: Ja, erkennt die abstrakte, modellose Physik nicht einmal die Gestalten der Kristalle, der Molekülverbände und Moleküle an?

PHYSICUS: Eigentlich nicht. Die Augen sehen das, was man Kristall bezeichnet, aber die Physik konstatiert hier bloß Systeme von Gleichungen, welche dem Verhalten der physikalisch durch das Kristall bedingten Größen entsprechen<sup>1</sup>.

LOGICUS: Soll mit dieser Einstellung eine wenn auch nur negative Behauptung über die Wirklichkeit enthalten sein? Dann betriebe die modellose Physik ontologische Philosophie!

PHYSICUS: Die ausgesprochen modellose Physik im Sinne Heisenbergs hat ihre abstrakt-formale Einstellung nicht der Kristallographie zuliebe eingenommen. Der Werdegang dieser extremen Einstellung ist vielmehr dieser: In der Atomistik, und dort wieder ganz besonders

<sup>1</sup> Es ist notwendig, hier auf einen gewissen Unterschied aufmerksam zu machen zwischen der Auffassung der klassischen und der Quantenphysik in der Frage des « Objektiven » und dessen mathematischer Beschreibung. Heisenberg sagt: Wenn man davon spricht, daß es « Objektives » gibt, meint man das in der klassischen Physik etwa so: Es gibt z. B. ein mechanisches System, das ich in seinen Bestimmungsstücken kenne, und ich kann sein Verhalten aus Differentialgleichungen berechnen. Dieses System kümmert sich nicht darum, ob es beobachtet wird. Alle Beobachter finden dasselbe, nämlich, daß das System in seinem Verhalten mit dem der Lösung der Differentialgleichung übereinstimmt. Darum sagt man, diese Differentialgleichung ist oder repräsentiert das Objektive, das « Ding an sich », und die Wahrnehmung ist gleichgültig. In der Quantentheorie ist es anders; dort hat der erste Beobachter das System verändert, der zweite Beobachter sieht es also schon wieder anders. Das System hat keine objektive Realität in dem Sinne, daß jeder Beobachter dasselbe sieht, da jeder durch seine Beobachtung das System verändert. Daher kann man nicht sagen, daß die Wellenfunktion identifiziert werden kann mit dem « Ding an sich », sondern die Wellenfunktion ist eine mathematische Abstraktion. — Heisenberg, Diskussion über Kausalität und Quantenmechanik auf der 2. Tagung für Erkenntnislehre der exakten Wissenschaften in Königsberg 1930. (Erkenntnis, 2. Band, Heft 2-3, S. 186.)

im Gebiete der Spektroskopie war kein vernünftiger Ansatz für eine umfassende Theorie zu erfassen. Das Modell Rutherfords versagte. In gewissem Sinne versagte später auch das Bohrsche Modell. In diesem Gebiete, welches bisher noch nie dem unbewaffneten Auge zugänglich war, mußte irgendwie aus der Unmenge von tausenden von experimentellen Daten ein geordnetes Ganzes geschaffen werden. Heisenberg hieb den gordischen Knoten entzwei und schuf ein rein mathematisches Netzwerk, welches die Beziehungen der tausenden von Wellenlängen und Intensitätsmessungen der Spektrallinien und der Energieschätzungen bei Stößen der kleinsten Korpuskel zu einer deduktiven Theorie zusammenschweißte<sup>1</sup>. Der Erfolg der Theorie war durchschlagend und wurde zum Argument gegen jedwede Modellvorstellungen im Gebiete der Atomistik. Von hier aus war dann nicht weit zum Vorstoß, daß auch die Wirklichkeit nur modellhafter Schein sei und das eigentliche Objekt der Physik eben bloß die Wellenlänge, ihre Intensität und bestimmte Stoßenergien und deren Kombinationen seien<sup>2</sup>.

LOGICUS: Also spielen doch die Wirklichkeitserwägungen eine wesentliche Rolle in der modellosen Physik!

PHYSICUS: Hier handelt es sich in erster Reihe um eine Abwehr unnötiger Modellvorstellungen im physikalisch Kleinen, welche eben unseren unbewaffneten Augen unzugänglich sind und bleiben. Und das ist eine rein methodische Angelegenheit. Denn nach dem Prinzip der größten Einfachheit wäre es unrichtig, kompliziertere Begriffsmodelle zuzulassen, als unumgänglich notwendig sind. Ich habe also keineswegs den Eindruck, daß die Befreiung vom Modell von philosophischen Erwägungen ihren Ausgang genommen habe. Zumindestens sind hiezu keine Symptome merkbar geworden.

<sup>1</sup> Vgl. die Charakteristik der Heisenbergschen Quantenmechanik bei *Arthur Haas*, Einführung in die theoretische Physik, 2. Band, S. 49. 5. u. 6. Auflage, Berlin und Leipzig 1930.

<sup>2</sup> Philipp Frank sagt in der oben zitierten Diskussion, die sich an einen Vortrag Heisenbergs anschloß: An den Ausführungen von Heisenberg finde ich folgendes besonders wertvoll: Die Ansicht, daß die Physik sich im letzten Grund nur mit Wahrnehmungen beschäftigen kann, hat man von Seiten der Physiker oft für anstößig gehalten und für subjektivistisch erklärt. Nun hat man durch Heisenberg gesehen, daß gerade die moderne Atomphysik und Relativitätstheorie diese Gedanken unterstützt, daß diese Auffassung die einzige ist, die uns heute aus den Widersprüchen herausführen kann. L. c. S. 183.

LOGICUS : Aber Heisenberg hat doch selbst philosophische Kommentare oder wenigstens prägnante philosophische Lehrsätze aus den Ergebnissen seiner Theorie abgeleitet<sup>1</sup>.

PHYSICUS : Dies ist das Schicksal jeder physikalischen Theorie. Sie wird zur Beute der Philosophen und dient dann bewunderungswürdiger Weise gleichzeitig den entgegengesetzten philosophischen Einstellungen zur Erhärtung ihrer Thesen<sup>2</sup>. Es darf dann nicht Wunder nehmen, wenn der Physiker, dem derartige Unbegreiflichkeiten irgendwie krankhafter Natur erscheinen, negativ philosophiert. Es ist mehr eine Abwehr der bunten philosophischen Ausbeute der physikalischen Forschung als eine systematische philosophische Arbeit<sup>3</sup>.

LOGICUS : So ist also auch die beim Stoffe besprochene dreifache Interpretation der Physik : die Modellphysik, die Modellanalogie und die modellose Physik, bloß eine methodische Einteilung und nicht philosophisch begründet ?

PHYSICUS : Ganz entschieden.

LOGICUS : Dann ist allerdings für die weitere Entwicklung der Physik die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen, daß sich vom methodischen Standpunkte eines Tages auch der Modellstandpunkt wieder als fruchtbar erweisen könnte. Nachdem wir die Vorteilhaftigkeit des modellosen Standpunktes festgestellt haben, würde eine derartige Entwicklung einen Rückschritt im Sinne der Wiederauferstehung aller dem Modellstandpunkte anhaftenden Schwierigkeiten bedeuten.

<sup>1</sup> Werner Heisenberg : Als Resultat der Diskussion (gemeint ist sein eigener Vortrag, dessen Schlußworte wir hier anführen) möchte ich zusammenfassen : Daß erstens die klassische Formulierung des Kausalgesetzes sich als leer und physikalisch unanwendbar erwiesen hat. Daß jedoch ein teilweiser Determinismus auch in der Atomphysik bestehen bleibt... Kausalgesetz und Quantenmechanik, l. c. S. 182.

<sup>2</sup> Vgl. das diesbezügliche Urteil, welches Cornel Lanczos in seinem Aufsatze « Stellung der Relativitätstheorie zu anderen physikalischen Theorien » abgibt. Naturwissensch. 20. Jahrg., S. 113 (1932).

<sup>3</sup> Eine derartig natürliche Reaktion auf die diametral verschiedenen Ausbeutungen der physikalischen Forschung scheinen mir die Bestrebungen des sogenannten Wiener Kreises, der Neoempiristen oder Neopositivisten zu sein, welche radikal gegen jedwede « Schulphilosophie » Stellung nehmen, ohne selbst der Gefahr zu entrinnen, negative Metaphysik zu betreiben. Vgl. die diesbezüglichen Ausführungen Moritz Schlicks in dessen Aufsatz « Positivismus und Realismus », welche sich in ihrem kritischen Standpunkt eben nicht mit den Ansichten der übrigen Neopositivisten decken. Erkenntnis, Band 3, Heft 1, S. 1.

PHYSICUS : Im einzelnen, in experimentellen Teilgebieten, ist dieses Herumpendeln zwischen mechanischem Modell und abstrakter Ausdrucksweise sicherlich methodisch unumgänglich notwendig, und wird es auch in Hinkunft bleiben. Dies sehen wir auch heute noch in der Experimentalphysik in den neu zu erschließenden Arbeitsgebieten. Diese experimentelle Pionierarbeit, an welche auch die Theorie anknüpfen muß, darf uns allerdings bei der Beurteilung der Gesamtheit der theoretischen Physik nicht irreleiten. Der Entwicklungsprozeß eines größern physikalischen Gebietes, wie z. B. der Elektrizität oder der Atomistik, ist eben ein äußerst langwieriger und weist verschiedene Phasen auf. Der Anfang sind das Experiment mit der Erkenntnis des Experimentators ; daran knüpfen die Formeln, welche mehrere Experimente zusammenfassen. Diese Formeln können dann auf verschiedene Weise zu einer größern einheitlichen Gesamtheit zusammengefaßt werden. Diese Zusammenfassung sucht bereits nach einem physikalischen Gesetz, welches uns die experimentellen Ergebnisse, also das induktiv erfaßte Teilgeschehen der Natur, auf deduktive Weise abzuleiten ermöglicht. Der größte Erfolg endlich liegt für den Physiker in der Entdeckung derart allgemeiner Prinzipien, welche alle bisherigen Einzelergebnisse eines so groß als möglichen Gebietes deduktiv abzuleiten gestatten. Und schließlich gelangen wir so zum Ideal der Physik, welches heute noch nicht erreicht ist und welches darin besteht, daß unter Voraussetzung, daß es etwas Derartiges überhaupt gibt, ein höchstes Prinzip erkannt wird, welches sämtliche physikalische Tatsachen, also die Experimente und ihre Zusammenhänge, in einer einheitlichen deduktiven Theorie darzustellen ermöglicht.

LOGICUS : Dann arbeiten aber Experimentalphysik und theoretische Physik mit entgegengesetzten Methoden : induktiv und deduktiv.

PHYSICUS : Ich finde darin nichts Befremdendes.

LOGICUS : Mir aber ist es schwer verständlich, wie eine Wissenschaft mit zwei entgegengesetzten Methoden arbeiten kann. Die Philosophie arbeitet im Prinzip deduktiv. Ihr Spezialgebiet, die Naturphilosophie, ebenfalls. So wird ein einheitlicher Aufbau klar ermöglicht. Ich würde mich nicht wundern, wenn die Physik ihrerseits eine andere Methode verwenden würde, z. B. die induktive<sup>1</sup>. Aber eine gleich-

<sup>1</sup> Der Charakteristik der physikalischen Methode als einer ausgesprochen induktiven begegnen wir bei *G. M. Manser*, « Die Naturphilosophie des Aquinaten

zeitige Anwendung beider in einem Gebiete scheint mir jeglichen einheitlichen Aufbau unmöglich zu machen. Zugegeben, daß ein Teil der Physik, die theoretische Physik, die deduktive Methode benützt, so kann sie das nur in Form von kurzatmigen Systemen verwirklichen, da ihr jeden Moment die Experimentalphysik mit ihrer induktiven Entdeckungsmethode in den Rücken fallen kann und die ganze deduktive Ableitung wertlos macht. Das erwähnte Herumpendeln zwischen verschiedenen Grundeinstellungen, als da sind die Modellphysik, die modellose Physik und die Modellanalogie, von denen wir sprachen, ist mir ein ganz natürlicher Ausdruck dieser methodischen Inkonsistenz.

PHYSICUS : Die physikalische Forschung ist ein sehr komplizierter Arbeitsprozeß, der durch die Ausdrücke Herumpendeln, in den Rücken fallen u. ä. in mancher Hinsicht gut charakterisiert, deswegen aber keineswegs der methodischen Inkonsistenz beschuldet werden darf. Dafür sprechen doch vor allem die sicherlich nicht wegzuleugnenden Ergebnisse dieser Wissenschaft. Wenn aber schon wirklich die beiden Methoden im Rahmen ihrer physikalischen Applikation gegeneinander abgewogen werden sollen, so muß der deduktiven Methode, wie schon erwähnt, die ersehnte Vorherrschaft in der Abschlußphase der physikalischen Entwicklung zugesprochen werden. Nun ist aber die Physik noch nicht zur Abschlußphase gelangt. Die Physik macht einen einzigen großen historischen Entwicklungsgang durch, der tatsächlich zu immer größeren und umfassenderen Theorien führt, ohne heute schon abgeschlossen zu sein. Wie weit hier das in den Rücken-Fallen der induktiven Experimentalphysik die Schuld trägt, will ich als Physiker nicht entscheiden. Jedenfalls beweist die immer noch nötige Umarbeitung der umfassendsten Theorien, daß sie eben im Sinne des deduktiven Ideals noch nicht umfassend genug sind. Mit andern Worten, daß das deduktive Prinzip, welches eine wahre Erlösung darstellen würde, noch nicht gefunden ist. Aber auch in der experimentellen Kleinarbeit ist die deduktive Methode das ordnende Prinzip. Mehrere Experimente werden eben darum in Gesetze zusammengefaßt oder anfangs in deren Vorstufen, den Regeln, um die einzelnen Experimentalergebnisse von ihnen ableiten zu können. Die Erfassung einer derartigen

und die alte und moderne Physik. Div. Thom. 16. Band, 1. Heft, S. 13. Neben den diesbezüglichen Ausführungen im Rahmen dieses Gespräches vgl. die spezielle Stellungnahme in der *Filosofická revue*, Heft 2, S. 57 : « Hylomorfismus a moderní fysika ».

Regel oder eines Gesetzes ist meiner Ansicht nach überhaupt keine Induktion, sondern eine Intuition, eine Eingebung, ein gesegneter Gedanke, der dem Forscher oft unerklärlicher Weise in den Kopf kommt und bei dem natürlich Erfahrung, Analogieschluß und ähnliche Elemente eine nicht unbedeutende Rolle spielen<sup>1</sup>. Induktiv werden bloß bestimmte Regeln und Gesetze auf bisher unbekannte Gebiete ausgedehnt, und diesen Induktionsschlüssen haftet gewöhnlich eine große Unsicherheit an. Erst ihre experimentelle Verifikation deckt uns oft ihre ungenügende Berechtigung auf. So exakte Induktionsschlüsse, wie sie die Mathematik benützt, finden in der Physik überhaupt keine Anwendung.

LOGICUS : Wenn nun ein versuchsweise für eine deduktive Theorie aufgestelltes Prinzip eine Gesamtheit von experimentellen Ergebnissen und ihre Zusammenhänge erklären soll, so ist seine Ausdehnung auf später neu entdeckte experimentelle Tatsachen ebenfalls auf einem Induktivschluß aufgebaut und also auch mit der von der Physik zugestandenen Unsicherheit behaftet.

PHYSICUS : Der Begriff «versuchsweise aufgestelltes deduktives Prinzip» dürfte der glücklichste Ausdruck der hier zur Rede stehenden Tatsachenbestände sein. Die Physik ist eben ein systematisches Suchen, welches von induktiven Schlüssen solange beunruhigt werden wird, solange «das Prinzip» der Physik nicht gefunden sein wird. Physik ist eben ein induktiv beeinflußter Weg zur Deduktion.

LOGICUS : Dann könnte dieser Suchprozeß sich auch ins Unendliche hinausschieben. Die deduktive Theorie bliebe also ein unerreichbares Ideal.

PHYSIK : Hier ist es schwierig, den Propheten zu spielen. Zwei Tatsachen sind aber hier im Auge zu behalten. Erstens weist die physikalische Entwicklung tatsächlich einen systematischen Fortschritt im Sinne immer umfassenderer deduktiver Theorien auf, was also auch höhere und höhere Prinzipien mit einschließt. Zweitens ist ganz gut eine derartige Situation denkbar, daß sich eben ein Prinzip findet, welches derart umfassend sein wird, daß es nicht nur die bisher bekannten,

<sup>1</sup> Ohne hier auf literarische Hinweise einzugehen, will sich der Verfasser bloß auf die in der Laboratorienpraxis bei seinen ehemaligen Lehrern, seinen Mitarbeitern und schließlich an sich selbst gemachten Erfahrungen berufen, welche die Unterlage der angeführten Charakteristik bildeten, und welche jeder Experimentalphysiker gerne bestätigen wird.

sondern auch die später zu entdeckenden Tatsachen in sich schließen wird. An diesem würden dann alle induktiven Anschläge abprallen, denn sie würden sich diesem Prinzipie einfügen und ihren induktiven Charakter einbüßen. Dann wäre eben das Ideal der Physik erreicht.

LOGICUS : Der Standpunkt der Physik zu ihrer eigenen Methode wäre nun so weit klargelegt, daß wir zu unserer ursprünglichen Frage zurückkehren können, ob die Physik den Gestaltbegriff irgendwie annehmen kann.

PHYSICUS : Die Physik ist in der eben charakterisierten Suchmethode bereits so weit gewitzigt, daß sie mit größtmöglicher Oekonomie zu arbeiten trachtet. Die letzte Entwicklung der Quantentheorie hat ihr viele Begriffe als entbehrlich aufgewiesen. Deswegen ist der abstrakte, modellose Standpunkt so anziehend. Er belastet die Physik nicht mehr als derzeit notwendig. Ich betone «derzeit». Denn im Bewußtsein der sich bereits enthüllenden Unzulänglichkeiten der jetzigen Quantentheorie für die Erfassung des Atomkernes muß sie damit rechnen, daß eben noch neue Begriffe angenommen werden müssen und daß dabei eventuell auch das Modell oder die Modellanalogie ihre Rolle spielen wird. Höchstwahrscheinlich aber bloß aushilfsweise, da der gedanklich abstrakte Standpunkt der bisherigen Quantentheorie entschieden große Vorzüge besitzt, die nur ungern preisgegeben werden wollen. Der größte Vorzug liegt darin, daß das Modell sonst zu stark an individuelle Einzelheiten erinnert und jedwede Abstraktion zu gedanklicher Allgemeinheit erschwert. Wenn also der Gestaltbegriff angenommen werden sollte, so wäre seine abstrakte Fassung für die Physik erwünschter als die Auffassung einer geometrischen Gestalt eines Modells. Ich verspreche mir hier mehr von dem zweiten Ausdruck, den Aristoteles erwähnt, nämlich der begrifflichen Form.

LOGICUS : Es wäre aber dennoch notwendig, vorerst noch dem Begriffe der Gestalt unsere Aufmerksamkeit zu widmen. Wenn also die Physik in der Atomistik bloß bestimmte Wellenlinien, Intensitäten und Energiegrößen anerkennt, so ist dies durch die Abneigung zu unnötigen Modellen in diesem schwer zugänglichen Gebiete erklärlich. Wenn sie aber auch für ein Salzkristall, welches wir sehen, dessen geometrische Gestalt wir konstatieren, dessen Geschmack wir feststellen und dessen Härte wir fühlen können, durch ein bloßes Gleichungs-

system ersetzt, dann ist hier die unmittelbare Umwelt dennoch etwas stiefmütterlich behandelt.

PHYSICUS: Mir ist dieser Vorwurf gar wohl bekannt. Er wird in seiner drastischen Charakteristik nicht ganz zutreffend sein, aber im Grunde genommen hat eben der Physiker für viele Tatsachen derzeit sozusagen keine Augen. Er ist eben vor allem quantitativ orientiert. Wir können aber ganz ruhig in Anlehnung an den Modellstandpunkt der Experimentalphysik in der Art an den Gestaltbegriff herantreten, wie wir dies beim Stoffbegriff getan haben.

LOGICUS: Dies würde also bedeuten, daß wir vom Modellstandpunkte aus den Gestaltbegriff in seiner ganzen anschaulichkeit zulassen, das gedanklich Wesentliche zu erfassen trachten und dann zu dessen präziser Definition vom modellosen Standpunkte aus übergehen.

PHYSICUS: Dagegen will ich gar nichts einwenden. Ich wies ja vor kurzem darauf hin, daß der physikalische Standpunkt rein methodisch und keineswegs philosophisch motiviert ist, sodaß der Nicht-modellstandpunkt keineswegs mit der glatten Ableugnung der Existenz von Außendingen verwechselt werden darf. Bloß der naiven Ansicht, mit dem Auge direkt alles an den uns umgebenden Dingen erschöpfen zu wollen und nach den so gesammelten Erfahrungen die den Augen nicht zugänglichen Dinge nachkonstruieren zu müssen, soll entgegengetreten werden. Also eigentlich eine Vorsichtsmaßregel gegen voreilige Anwendung eines Induktionsschlusses vom makrophysikalischen zum atomistischen Gebiete!

Ansonsten wird auch der theoretische Physiker und schon ganz besonders der Experimentalphysiker ohne weiteres zugeben, daß er dem Begriffe der Gestalt beträchtliches Verständnis entgegenbringt. Gestalt konstatiert das Auge; Gestalt konstatiert der Lichtstrahl mit seinem Schatten; Gestalt konstatiert der Röntgenstrahl in seinen Spektralanalysen und Strukturdiagrammen; Gestalt konstatiert der chemisch wichtige Tastsinn; Gestalt ist dem Kristallographen das Wesentlichste seiner Wissenschaft; Gestalt ist etwas jedem makrophysikalischen Objekte Gegebenes und dabei dem Physiker wohl Bekanntes. Gestalt im Gebiete des dem unbewaffneten Auge nicht unmittelbar Zugänglichen ist unter dem Namen Struktur, innerer Aufbau, ebenfalls bekannt. Dabei soll nicht gesagt sein, daß wir irgendwelche Bilder in das Atominnere z. B. hineinprojizieren; aber wir

konstatieren eine Inhomogenität und erkennen sie an. Gestalt ist so auch im mikrophysikalischen Gebiete.

LOGICUS: Der Gestaltbegriff scheint nach diesen physikalischen Beispielen etwas Statisches zu sein.

PHYSICUS: Ich würde gerne dieser Ansicht beipflichten, wenn ich davon überzeugt wäre, daß Ihre Auffassung des Statischen sich mit meiner physikalischen deckt. Wenn nämlich statisch gleichbedeutend sein sollte mit Starrheit, dann wäre der Begriff zu eng gefaßt. Die Physik muß auch der Erfahrung Rechnung tragen, daß der Aufbau des physikalischen Objektes etwas heftig Bewegtes, zumindestens etwas Oszillierendes darstellt und keineswegs ein starres Unbewegliches, wie man sich unter dem Begriffe der Gestalt vorzustellen geneigt ist. Der statische Begriff der Gestalt muß auf den Begriff der Schwingung des architektonischen Aufbaues ausgedehnt werden. Wir wissen, daß z. B. das scheinbar starre Gefüge eines Salzkristalles schon in den Molekülbausteinen eine Gesamtheit ungemein rasch verlaufender Schwingungen ausführt. Diese Schwingungen befolgen exakte Gesetze. Die Schwingungszentren sind dann erst die bloß begrifflich erfaßbaren festen Punkte, in welche wir dann in erster Annäherung die einzelnen Moleküle uns ruhend denken können. Diese Zentren bilden erst das geometrische Gefüge der Kristallstruktur. Wollen wir also auch hier vom Begriffe der Gestalt Gebrauch machen, dann müssen wir uns dessen bewußt bleiben, daß Gestalt auch im Sinne einer solchen begrifflichen Abstraktion eines von der Schwingungsarchitektonik abgeleiteten geometrischen Gebildes aufgefaßt werden muß.

LOGICUS: So geht also die anschauliche Gestalt in eine weniger anschauliche, aber nichtsdestoweniger klare begriffliche Form über. Das ist aus zweierlei Gründen nur zu begrüßen. Vor allem deshalb, weil die Physik so, gemäß ihrer Entwicklungstendenz, sich wieder ihrem abstrakten Nichtmodellstandpunkte nähert. Dann aber besonders deshalb, weil dadurch die aristotelische begriffliche Form angebahnt erscheint, die in der jetzt zur Debatte stehenden Auffassungsweise der Natur neben der Gestalt als gleichwertig angeführt wird.

PHYSICUS: Allerdings muß ich gestehen, daß mit Ausnahme des durch Erweiterung des Gestaltbegriffes bewerkstelligten Zusammenhangs mit der begrifflichen Form, mir die begriffliche Form als solche bei weitem keinen derartig klaren Anhaltspunkt bietet, wie der anschauliche Gestaltbegriff.

LOGICUS: Vielleicht wäre es von Nutzen, sich der schon bei der Stoffbesprechung benützten aristotelischen Parallele zwischen Natur und Kunst zu bedienen.

ARISTOTELES: So wie Kunst auch das Kunstgemäße und das Künstlerische genannt wird, so wird auch Natur das Naturgemäße und das Natürliche genannt. Dabei aber würden wir nicht leicht weder dort von irgend Etwas sagen, daß es sich schon kunstgemäß verhalte oder Kunst sei, wenn es bloß der Potenz nach z. B. ein Stuhl ist und noch nicht die Form des Stuhles hat, noch auch bei demjenigen, was von Natur aus entsteht; denn was bloß der Potenz nach Fleisch oder Knochen ist, hat weder schon seine eigene Natur, ehe es die begriffliche Form erhalten hat, nach deren Begriffsbestimmung wir sagen, was Fleisch oder was Knochen sei, noch auch existiert es von Natur aus.

LOGICUS: Das Wesentliche dieser Parallele scheint mir in der Herausarbeitung des Begriffes « die begriffliche Form erhalten » zu liegen. Es dürfte also sehr lehrreich sein, zu konstatieren, in welchem Augenblicke und unter welchen Begleitumständen das physikalische Objekt die begriffliche Form erhält. Es sind drei Stadien a priori unterscheidbar: Das physikalische Objekt hat noch keine Form, dann ist es nach Aristoteles bloß in Potenz, oder es erhält soeben die Form, das ist es im Übergangsstadium, oder endlich hat es die Form.

PHYSICUS: Ich muß gestehen, daß derartige Grenzüberlegungen in der Mathematik sehr beliebt sind, und in der theoretischen Physik wird auch mit Vorliebe die extremste Bedingung einer Hypothese oder Theorie zur Probe gestellt. So sollte ich auch jetzt durch die aristotelische Wendung unserer Frage im Sinne einer genetischen Beobachtung des werdenden physikalischen Objektes zufriedengestellt sein. Ich würde jetzt am besten folgerecht die Frage stellen: Was ist z. B. ein Spektrograph, wenn er noch kein Spektrograph ist? Darüber ist nun schwer zu disputieren.

LOGICUS: In die Physik will ich hier direkt nicht eingreifen, aber im Gebiete der Malerei scheint mir Aristoteles so zu erklären sein: Ein Maler beginnt ein Bild zu malen. Er konstruiert geometrische Linien, er trägt verschiedene Farben auf und muß dann über die Nacht seine Arbeit unterbrechen. Wenn wir in diesem Stadium das von ihm Geleistete betrachten, so können wir nicht recht darüber sprechen, was da zu sehen ist. Es sind Linien, Farbenklexe; aber das dürfte

kaum das vom Maler Erstrebte sein. Das hier Werdende ist zwar in Vorbereitung, ist nahe dem Entstehen; aber es ist vorläufig noch nichts. Es fehlt ihm eben die begriffliche Form. Es ist bloß der Potenz nach. Am nächsten Tage setzt der Maler seine Arbeit fort und gegen Abend will er fertig sein. Wir erkennen allmählich Einzelheiten, einen Fluß, eine Brücke und im Hintergrunde auf einer Anhöhe einen Dom. Schon spannen unsere Gedanken ihre Sehnen, um zu erfassen, was der Maler ausdrücken will. Es ist noch nicht gut möglich, aber viel fehlt nicht mehr. Es fehlt noch die ausdrückliche Form in ihrer Vollendung; sie ist soeben im Werden. Schon nicht mehr in bloßer Potenz, aber noch nicht verwirklicht, also sozusagen im Werden. Endlich legt der Maler die Palette nieder, und unserem Munde entfährt der Ausruf: Das Panorama des Prager Hradschins! Das Gemälde erweckt in uns einen klaren Gedanken. Wieder sind es nur Linien und Farbenflecke, aber es wohnt ihnen eine bestimmte Ordnung inne; ein bestimmter Gedanke bannt sie an ganz bestimmte Stellen, und das ist eben in diesem Falle die begriffliche Form des Gemäldes.

PHYSICUS: Nun, im Gebiete der Kunst im weitesten Sinne des Wortes ist dieser Begriff sicherlich klar. Ich könnte ebensogut wie ein Gemälde als anderes Kunstbeispiel einen Spektrographen in seinem Entstehungsprozeß verfolgen und nun verschiedene Stadien unterscheiden<sup>1</sup>. Nur würde ich nicht von drei Stadien sprechen, sondern bloß entweder von zweien oder aber gleich von einer viel größeren Anzahl. Zuerst konstatieren wir das Material, die Eisenbestandteile, die Schrauben; außer dem Konstrukteur kennt niemand den Gedanken, der diese Bestandteile zu einem Ganzen zusammenfügen soll. Die begriffliche Form hat mit dem Material noch keinen Zusammenhang. Der Spektrograph ist in Potenz. Dieses Stadium kann nun als Eines aufgefaßt werden, oder können wir auch verschiedene Zwischenstufen unterscheiden, die dem in Stufen verlaufenden Erzeugungsprozeß entsprechen. Dieser Auffassung müssen wir aus Gründen der Konsequenz den Vorrang geben, da die Erzeugungsstufen den einzelnen Zerlegungsstufen, also den Stufen des Stoffes, wie wir sie erkannt haben, entsprechen. Die begriffliche Form hat dann der Spektrograph in dem Augenblicke, wo er fertig ist. In keinem früheren Augenblicke

<sup>1</sup> Kunstwerk, Kunstbeispiel ist hier im Sinne des Aristoteles soviel wie Menschenwerk, menschliches Erzeugnis, in welches das Kunstwerk im engeren Sinne bloß als Spezialfall zu rechnen ist.

ist es eben ein Spektrograph. Ich kann ihn eben nicht anders brauchen, als bis er ganz fertig ist.

LOGICUS : Das von mir als möglich angeführte Übergangsstadium in seiner Verästelung auf eine ganze Stufenreihe fällt somit dem Zustand der Potenz zu, wohingegen das zweite Stadium schon das fertige Objekt mit der begrifflichen Form ist. Wenn die Analogie mit der Kunst auch hier ihre Geltung voll erweisen sollte, müßte also auch im Bereiche der physikalischen Objekte eine solche Zweiteilung konstatierbar sein, in das Stadium der Potenz und der Wirklichkeit.

PHYSICUS : Die Physik wird hier gerne zu dem einfachsten Beispiele greifen, einem Objekte, welches von möglichst einfacher Bauart ist und dessen Entstehung verfolgt werden kann : zur Elektronenemission. Jetzt kommt aber die heikle Frage : Was ist beim Elektron die begriffliche Form ? Die Kunstbeispiele sind in dieser Richtung sehr durchsichtig, da sie Menschenerzeugnisse, ganz besonders aber von Menschen erdachte Dinge sind. Menschengedanken lassen sich noch erforschen. Aber, wo sollen wir den Gedanken der Natur nachspüren, um die begriffliche Form zu erfassen ?

LOGICUS : Lassen wir diese Grundfrage vorerst bei Seite und charakterisieren wir vorläufig erst die beiden Zustände : vor der Elektronenemission und die Loslösung des Elektrons.

PHYSICUS : Modellmäßig gesprochen, ist der Zustand des Atoms unmittelbar vor der Emission eines Elektrons dieser : Das Atom befindet sich in einem sogenannten angeregten energetischen Zustand und ist gewissermaßen aus seinem Gleichgewichte gebracht. Es dauert nun bloß einen unvorstellbaren Bruchteil einer Sekunde bis zur Rückkehr in den Normalzustand. Dieser Anregungszustand könnte also direkt als die letzte Stufe des in Potenz seienden Elektrons angesprochen werden. In dem Augenblicke, wo das Atom in den normalen Energiezustand zurückkehrt, löst sich etwas vom Atom ab, was energetisch dem Energieüberschuß im angeregten Zustande gleichzusetzen ist, und dieses Etwas nennen wir das soeben emittierte Elektron. Unter der Voraussetzung, daß dieses Elektron vor der Emission im Atom noch nicht fertig vorhanden war, wie es nach der Quantentheorie anzunehmen ist, können wir vom Entstehen des Elektrons sprechen.

LOGICUS: Warum spricht die Physik nun nicht von emittierter Energiemenge? warum spricht sie eben vom emittierten Elektron?

PHYSICUS: Weil dieser Energiemenge ganz bestimmte Eigenschaften anhaften. Erstens ändert diese Energiemenge gleich einem winzigen Körperchen, modellmäßig ausgedrückt, seinen Ort. Es fliegt fort. Zweitens hat dieses Energiepäckchen eine lange Dauer, während der es sich nicht ändert; also Stabilität. Dieses Energiepäckchen läßt sich individuell aufweisen und verfolgen. Es vollzieht eine beobachtbare Bewegung. In der Wilsonkammer wird es zum Kondensationskern eines Nebeltröpfchens. Diese seine Nebelhülle läßt sich mit Licht bestrahlen und so photographisch festhalten. Weiter lassen sich auf diesem photographischen Wege seine Zusammenstöße mit andern, anders gearteten Energiepäckchen feststellen. Nach einem solchen Zusammenstoß ändert es seine Bewegungsrichtung ganz plötzlich, gleich einer auf einen anderen Körper aufprallenden elastischen Kugel. Schließlich läßt sich seine Bewegungsgeschwindigkeit durch ein geeignetes Energiefeld beeinflussen, vermindern oder erhöhen. Letzten Endes läßt sich seine Vernichtung konstatieren, wenn es z. B. von einem Atom aufgefangen wird, dessen Normalzustand durch Erhöhung der Atomenergie anregt und von diesem Augenblicke an seine Individualität einbüßt. In diesem Augenblicke sprechen wir auch nicht mehr vom Elektron. Alle diese Gründe führen in der Modellsprache zur Vorstellung eines winzigen Exemplars dessen, was man makroskopisch schlechthin einen Körper, wie ihn z. B. das Salzkristall darstellt, nennt. In diesem Sinne gelangt die Modellphysik zur Vorstellung des Elektrons als eines Miniaturkörperchens, einer Korpuskel.

LOGICUS: Und wie stellen sich diese Tatsachen vom Nichtmodellstandpunkte dar?

PHYSICUS: Um ganz aufrichtig den heutigen Sachverhalt klarzustellen, muß zugegeben werden, daß ohne jedwede Modellvorstellung nicht einmal die Quantenphysik vorläufig auszukommen imstande ist. Wir sind heute geneigt, die Unterscheidung von allgemeiner, also nichtmodellartiger Theorie auf der einen Seite und dem Modell auf der anderen Seite als Zeichen anzusehen, daß die Theorie noch begrifflich unvollkommen ist; wir haben die Hoffnung, daß auch allgemeine Eigenschaften des Modells (Existenz von Proton und Elektron, magnetisches Moment des Elektrons) eines Tages genau so in einer

allgemeinen Theorie enthalten sein werden, wie etwa die Bewegungsgleichungen. Für den gegenwärtigen Zustand ist nun aber gerade die Unterscheidung in allgemeine Theorie und Modell kennzeichnend<sup>1</sup>.

Also ist die Tendenz, alle diese Erscheinungen in einer abstrakten nichtmodellgebundenen Theorie zu erfassen, das Ziel der Physik. Deshalb wollen wir auch die vorher angeführten Tatsachen über das Elektron rein begrifflich fassen :

1. Raumzeitliche Aufweisbarkeit einer Energiemenge.
2. Konstanz einer Energiemenge oder Dauer.
3. Raumzeitliche Verfolgbarkeit dieser Dauer.
4. Charakteristische Struktur dieser Energiemenge.
5. Identität dieser Struktur in Millionen von Exemplaren.
6. Entstehung dieser Struktur.
7. Vernichtung dieser Struktur.
8. Zusammenhang dieser strukturell bestimmten Energiemenge mit den einzelnen, sonstig bekannten und auch strukturell in ihrer Art bestimmten Energiemengen.
9. Der sogenannte Anregungszustand des Atoms als energetische Vorbedingung zur Entstehung einer durch bestimmte Struktur charakterisierten Energieemission aus dem Atom.

LOGICUS : Um nun im Sinne der aristotelischen Zweiteilung Potenz und Verwirklichung aus den so zusammengestellten begrifflichen Tatsachen herauszuschälen, wird es notwendig sein, den Entstehungsprozeß des sogenannten Emissionselektrons näher zu charakterisieren. Der Zustand, welcher der Emission unmittelbar vorangeht, könnte dann mit der Potenz identifiziert werden. Was dann unmittelbar darauf folgt, ist eben das, was das Elektron zum Elektron macht und was dann als begriffliche Form angesehen werden könnte.

PHYSICUS : Der Anregungszustand ist die fertige Disposition, welche keiner weiteren Einwirkung mehr bedarf, um die Emission einzuleiten. Der Anregungszustand kann also als diejenige Phase angesehen werden, in der das Elektron in Potenz im Atom existiert. Dieser Potenzzustand ist allerdings nicht als starre Gegebenheit aufzufassen. Er unterliegt vielmehr insofern einer Veränderung, als er auf eine physikalisch näher nicht einsichtige Weise zu einer energetischen Umgruppierung führt, die wir eben Emission nennen. In dem

<sup>1</sup> F. Hund im Handbuch der Physik, an der in Note 5 zitierten Stelle.

Augenblicke, da das Atom seinen energetischen Normalzustand annimmt und die durch Frequenz und Wirkungskonstante charakterisierte Energiemenge als eine vom Atom gesonderte Ganzheit mit den oben angeführten Eigenschaften konstatierbar ist, sprechen wir vom emittierten Elektron. Diese Phase kann man als die Verwirklichung des Elektrons ansprechen.

LOGICUS : Das, was also das Elektron nach der Emission von der Potentialphase unterscheidet, ist also die neue Ganzheit, seine Selbständigkeit, seine energetische Bestimmtheit, seine strukturelle Bestimmtheit, seine raumzeitliche Verfolgbarkeit als neu entstandenes Naturobjekt, seine Strukturgleichheit mit vielen andern in der Natur bekannten Energiepäckchen.

PHYSICUS : Es dürfte verständlich sein, was hier über den Entstehungsprozeß eines Emissionselektrons gesagt wird. Dennoch sind diese Aussagen physikalisch nicht gut greifbar. Physikalisch lassen sich einige Tatsachen aufweisen, wie wir schon sahen ; aber die allgemeine Formulierung dessen, was Gestalt und begriffliche Form ausmacht, steht noch aus.

LOGICUS : Dieser Standpunkt der Physik ist gar wohl begreiflich. Denn Aristoteles selbst sieht in der Gestalt und der begrifflichen Form bereits einsichtige Begriffe, die er zwar aufzuweisen und zu illustrieren imstande ist, die aber weiter nicht bewiesen zu werden brauchen. In dieser Richtung können wir auch nicht mehr leisten als Aristoteles. Da wir aber durch den Einfluß der modernen Physik die unmittelbare Einsicht der begrifflichen Form verloren haben, ist es tatsächlich notwendig, auf die physikalisch interpretierbaren Tatsachen hinzuweisen, welche einzig und notwendig auf diesen Begriff reduzierbar sind. Diese Tatsachen lassen sich etwa wie folgt zusammenfassen :

1. Im Raumzeitgebilde ist eine Wirkungsquelle und eine Wirkungsmündung aufweisbar, wobei unter Wirkungsmündung einfach das zu verstehen ist, worauf Wirkung ausgeübt wird.
2. Im Netzwerk der experimentell erarbeiteten Beziehungen sind Gesetzesquellen und Gesetzesobjekte aufweisbar. Gesetzesquelle ist hier das, was das Gesetz setzt ; Gesetzesobjekt ist das, was den Gesetzen gehorcht.
3. Bestimmte Strukturen sind experimentell aufweisbar.
4. Identische Wirkungsquellen, charakterisiert durch gleiche Wirkungen, sind in raumzeitlich verschiedenen Gebieten aufweisbar.

Analoges gilt von den Wirkungsobjekten, den Gesetzesquellen, den Gesetzesobjekten und den Strukturen.

5. Eine Wirkungsquelle in einem bestimmten raumzeitlichen Gebiete kann als beginnend, dauernd und endend aufgewiesen werden. Analoges gilt wiederum von den übrigen.

6. Alle soeben angeführten Tatsachen sind der Erfahrung gemäß in einem einzigen Ganzen jeweils zusammenlegbar, indem nämlich eine Wirkungsquelle zugleich als Wirkungsmündung, eine Gesetzesquelle zugleich als Gesetzesobjekt, eine Wirkungsquelle zugleich als Gesetzesquelle, eine bestimmte Struktur als Wirkungsquelle usw. angesehen werden kann. Dieses Ganze wird nun im Sinne der aristotelischen Auffassung als Gestalt und begriffliche Form angesprochen, wobei im Sinne von Tatsache 4 ein und dieselbe Form gleichzeitig an verschiedenen Raumzeitgebieten aufweisbar ist, und wobei im Sinne von Tatsache 5 der Aufweisbarkeit an einem bestimmten Raumzeitgebiete ein begrenztes Zeitintervall zur Verfügung steht.

PHYSICUS: In dieser Fassung wird nun der Formbegriff physikalisch tatsächlich greifbar. Im konkreten Falle des Elektrons können wir richtig behaupten, daß das Elektron in gewissem Sinne als Energiequelle, Energieknoten, Energiepäckchen oder, wie wir auch sagen können, als Wirkungsquelle angesprochen wird, daß es selbst energetische Wirkungen erfährt, also eine Wirkungsmündung darstellt; daß es ferner seiner Umgebung seine Gesetzmäßigkeit aufdrückt; daß es also Gesetzesquelle ist; daß es als Gesetzobjekt selbst den physikalischen Gesetzen unterliegt; daß es eine bestimmte Struktur seines energetischen Inhalts besitzt; daß es ferner an verschiedenen Orten derartige Elektronen gibt und daß jedes von ihnen eine bestimmte Dauer zeigt, die durch sein Entstehen und seine Vernichtung begrenzt sind.

ARISTOTELES: *Demnach wäre nach einer andern Auffassungsweise die Natur die Gestaltung und die, allerdings bloß dem Begriffe nach trennbare, Form desjenigen, was einen Anfang von Bewegung in sich selbst hat.*

PHYSICUS: Da aber nun die Physik kaum mehr als das nun in die begriffliche Form zusammengefaßte Ganze als Elektron ansieht, wäre es folgerichtig zu sagen: Das Elektron selbst ist eben die Natur.

LOGICUS: Das ist nach Aristoteles nicht richtig. Denn erstens haben wir schon den Stoff allein für sich als Natur in der ersten Auf-

fassungsweise erkannt. Zweitens haben wir nun die begriffliche Form für sich als Natur in der zweiten Auffassungsweise kennen gelernt. Das Elektron selbst ist das, was einen Anfang der Bewegung in sich selbst hat, also in unserer Terminologie ein Naturobjekt. Dieses Naturobjekt entsteht erst aus dem Stoff und der begrifflichen Form.

ARISTOTELES: Was aber aus der Gestalt und der begrifflichen Form entsteht, das ist nicht selbst Natur, wohl aber ist es von Natur aus, wie z. B. ein Mensch.

LOGICUS: Das Elektron ist also keineswegs die begriffliche Form selbst; es ist vielmehr das von Natur aus, also von Stoff und begrifflicher Form aus, entstandene Naturobjekt ganz in Übereinstimmung mit der gebräuchlichen physikalischen Ausdrucksweise. Gerade darin finde ich einen besondern Vorzug der aristotelischen Begriffe, daß sie so weit als nur möglich die geläufigen Begriffe der modernen Physik unangetastet lassen.

PHYSICUS: Wie sollen wir uns nun das Naturobjekt aus Stoff und Form zusammengelegt denken?

LOGICUS: Zusammenlegung ist hier nicht der glücklichste Ausdruck. Stoff und begriffliche Form konstituieren erst in ihrem gegenseitigen Zusammenhang das Naturobjekt. Dieser Zusammenhang ist verwandt mit dem in der Physik gebräuchlichen Unterschiede zwischen aktueller und potentieller Energie. Aristoteles, wie wir übrigens bereits bemerkt haben, unterscheidet zwischen potentieller und verwirklichter, aktueller Natur. Daher zwei getrennte Auffassungsweisen. Der Stoff ist potentielle Natur, die begriffliche Form ist aktuelle Natur.

PHYSICUS: So erscheinen Stoff und Form als zwei Auffassungsweisen, welche an dem Naturobjekte gleichzeitig aufweisbar sind. Merkwürdigerweise schien es nun im Laufe unserer Debatte, daß die potentielle Phase des Elektrons der begrifflichen Phase vorauslief. Denn gerade die Aufteilung des Entstehungsprozesses in zwei Phasen beehrte uns zunächst über die selbständige existierende potentielle Phase. Ja, diese Phase läuft sogar dem Elektron als Naturobjekt voraus. Denn die Entstehung des Naturobjektes ist eben unter andern an die begriffliche Form gebunden.

LOGICUS: Es handelt sich hier um die Interpretation des Anregungszustandes des Atoms, aus dem das Elektron emittiert wird. Dieser

Anregungszustand stellt die reale Möglichkeit dar, ein Elektron aus der Ganzheit des Atoms abzusenden. Real ist hier in dem Sinne gemeint, daß es nicht bloß um eine Denkmöglichkeit, sondern um eine unmittelbare Bereitstellung aller derjenigen Umstände geht, welche zur Emission des Elektrons führen. Aber eben die Gerichtetheit aller wesentlich wichtigen Umstände zur Emission des Elektrons zeugt von dem schon hier irgendwie sich geltendmachenden Einflusse der begrifflichen Form. Denn eine derartige reale Möglichkeit ist eben ohne Ziel, ohne Richtung, undenkbar. Das Ziel ist hier aber die Form. Es muß also die reale Möglichkeit bereits formbeeinflußt sein. Die Feinstruktur dieser Beeinflussung dürfte wiederum mit der bereits allmählichen Veränderung des potentialen Zustandes zusammenhängen. Die Form wirkt sich im Bereich der Möglichkeit immer deutlicher aus, was allerdings eine gewisse Zeitspanne erfordert. Die anfangs recht allgemein orientierte Möglichkeit richtet sich immer enger in der Richtung des durch die Form gesteckten Ziels. Die Möglichkeit verengt sich schließlich soweit, als die Form sie weiter zu beeinflussen nicht mehr imstande ist. In diesem gegenseitigen Verhältnisse verbleiben dann Möglichkeit und Verwirklichung, also Form und Stoff, im Naturobjekt.

ARISTOTELES : Und zwar mehr ist die Natur im Sinne der Form Natur, als in dem Sinne von Stoff, denn jedes Ding wird mehr darnach, wann es in seiner Verwirklichung existiert, benannt, als wann es bloß der Potenz nach ist.

LOGICUS : Wenn wir also auf eine der beiden Auffassungsweisen Gewicht legen sollen, so ist es die begriffliche Form.

PHYSICUS : In der Physik ist die Sachlage ein wenig anders, als es uns das soeben entworfene Bild von Stoff und Form am Naturobjekt zeigt. Auch in der Physik ist das Schwergewicht nicht auf Seite des Soffes, den wir fast unbeachtet und als zum destens unschädlich zugelassen haben, aber auch nicht auf Seite der begrifflichen Form als solcher, sondern auf Seite der Gestalt. In der Gestalt wird aber nicht so sehr die modellmäßige geometrische Figur gedacht, sondern viel eher die symbolisch mathematische Gestalt der quantitativen Beziehungen und der darin auftauchenden Konstanten.

LOGICUS : In diesem Sinne scheint die Physik denn doch auf dem richtigen Wege zu sein. Wie wir in einem unserer früheren Gespräche gehört haben, gibt es für Aristoteles außer dem Sein noch verschiedene

Kategorien, wie Quantität, Qualität, Ort, Zeit usw. Wenn also die Physik sich vor allem mit der symbolisch mathematischen Gestalt und den quantitativen Konstanten befaßt, ist dies bloß der Ausdruck für die bekannte quantitative Einstellung der gesamten Physik. Aber auch in dieser Enge ist sie auf dem aristotelisch wichtigeren Wege. Es kann also prinzipiell gar nicht so schwer sein, vom Seinstandpunkt aus diese in der Kategorie der Quantität richtige Orientation weiter auszubauen. Und gerade die modernste der physikalischen Theorien ist es, wie wir gehört haben, welche in der quantitativen Form bahnbrechend ist.

**PHYSICUS** : Was die den Begriff der begrifflichen Form charakterisierenden Merkmale betrifft, ist zu sagen, daß die Physik ihre Berechtigung im logischen Sinne nicht absprechen kann, denn sie sind, ähnlich wie beim ersten Stoff, bloße gedankliche Konsequenzen der auch von der Physik anerkannten Größen und Strukturen, und in ihrer Selbstverständlichkeit dürfte ihr bisheriges Ausbleiben aus der Physik bei Extrembetrachtungen, wie Entstehung und Vernichtung von Materie, sehr bald vermißt werden. Ja, ich möchte fast dem Eindrucke an dieser Stelle Ausdruck geben, daß die aristotelische Physik gerade dort am originellsten einsetzt, wo die moderne Physik ein prinzipielles Stillschweigen sich vorzunehmen gezwungen sieht. So bei dem Entstehen und Vergehen der Materie und bei den energetischen Veränderungen. Die Heisenbergsche Quantenphysik setzt gerade dort, im übrigen schon in Anlehnung an frühere Ansichten Bohrs, plötzliche, weiter nicht diskutable, diskontinuierliche Situationsfolgen.

**LOGICUS** : Die moderne Physik kann hier auf zweierlei Weise von der aristotelischen Physik beeinflußt werden. Entweder füllt Aristoteles die schweigenden Lücken sinnvoll aus, was kaum anders denkbar wäre als durch einen gänzlichen Umbau der neuesten Theorien. Oder aber findet er das Schweigen an bestimmten Punkten der Naturforschung als wesentliches Naturmerkmal, in welchem Falle dann die Hoffnung bestände, daß Aristoteles dieses Schweigen tiefer begründen könnte. Tiefere Begründung ist natürlich gleichbedeutend mit Zurückführung auf ein übergeordnetes Prinzip.

**PHYSICUS** : Diese zweite Art des Eingreifens von Seiten des Aristoteles wäre äußerst sympathisch, da sie so ganz der Entwicklungsart der modernen Physik entspräche. Jede neue Ansicht setzt sich in der

Physik am leichtesten so durch, daß sie die bisherigen, gesicherten Kenntnisse in ihren Bereich miteinbezieht und von einem höheren Prinzip als es die bisher angewendeten waren, klarlegt. Dabei ist es Nebensache, ob bestimmte Tatsachen in ein anderes Licht gerückt werden. Im Gegenteil wirkt eine derartige Veränderung der ideellen Beleuchtung sehr fruchtbar auf die weitere Forschung.

LOGICUS: Der von der modernen Physik bevorzugte positive Eingriff durch eine höherstehende prinzipielle Klarstellung der behandelten Probleme als die glücklichere wissenschaftliche Forschungsmethode scheint auch von Aristoteles geteilt zu werden. Wir haben ja in den bereits absolvierten Gesprächen<sup>1</sup> Gelegenheit gehabt zu beobachten, mit welchem Takt Aristoteles die Ansichten seiner Vorgänger behandelt und alles Brauchbare in seine Physik mit aufnimmt. Es muß also auch seinen eigenen Intentionen entsprechen, wenn wir einen, sich hier gleich aufdrängenden Gedanken als Illustration dieser Methode etwas weiter ausführen. Es war vor kurzem davon die Rede, daß einer der mit prinzipiellem Stillschweigen von der Heisenbergschen Quantenphysik übergangenen Punkte gerade die Veränderung eines Energiezustandes in einen andern ist. Unser Beispiel war die Energieänderung bei der Elektronenemission. Jede dieser Änderungen wird von der Heisenbergschen Quantenmechanik einfach dadurch, man kann nicht sagen überbrückt, sondern vielmehr ausgedrückt, daß der vorangehende Gleichgewichtszustand einfach neben den folgenden Gleichgewichtszustand gesetzt wird. Beide sind nur durch eine derartige mathematische Funktion verbunden, daß eben der vorangehende und nachfolgende Energieumstand ohne jedwede Vermittlung, also diskontinuierlich, sozusagen aus der Rechnung herausfallen. Begründet wird dieser diskontinuierliche, von uns als prinzipielles Schweigen charakterisierte Übergang mit der Ansicht, daß hier einfach nichts weiter zu erklären sei, da die Natur eben nichts weiteres, nichts ausführlicheres mehr bietet. Aristoteles charakterisiert nun einen solchen Übergang durch die potentielle Phase, welche im Übergangsstadium der begrifflichen Form allmählich weicht. Im Augenblicke, wo die begriffliche Form voll zur Geltung kommt, ist der Übergangsprozeß beendet, das ursprünglich in Potenz sich befindliche neue Naturobjekt, wie in unserm Beispiel das Elektron, ist dann

<sup>1</sup> Im Drucke.

dadurch zur Wirklichkeit geworden, daß seine potentielle Phase als Stoff, als Minimum, als von der begrifflichen Form nicht weiter erfaßbarer Rest, neben der begrifflichen Form das Elektron konstituiert. Da nun Aristoteles das Schwergewicht auf die begriffliche Form legt, da diese in erster Linie die Natur darstellt, so ist die potentielle Natur erst in zweiter Linie Natur, und dadurch nicht eigentlicher Gegenstand unserer Erkenntnis. Die potentielle Phase, also mit anderen Worten der Übergangsprozeß, ist überhaupt nicht das in der Natur für die Erkenntnis Interessante oder in der Natur uns zur Erkenntnis in erster Linie und eigentlich Gegebene. Darum ist auch in der Heisenbergschen Physik die von Bohr vorgeschlagene diskontinuierliche Nebeneinanderstellung zweier fertiger Zustände vom Standpunkte des aristotelischen Stoff-Formprinzipes berechtigt.

PHYSICUS: Das ist tatsächlich eine annehmbare Beeinflussung der modernen Physik durch die soeben besprochenen Auffassungsweisen der Natur und eine glückliche Begründung zu deren Annahme als Grundlagen weiterer physikalischer Forschung. Es wird physikalisch von größtem Interesse sein, die heute noch offenen und ihrer Lösung harrenden Probleme auf der Grundlage dieses Prinzips zu untersuchen.

LOGICUS: Bevor wir nun zu einer derartigen Applikation dieses Prinzips herantreten, mögen abschließend zur Besprechung der zweiten Auffassungsweise der Natur die Definition der Gestalt und der begrifflichen Form von der Physik formal stylisiert werden, wie dies schon beim Abschluß der Besprechung des Stoffbegriffes der Fall war.

PHYSICUS: Die Physik macht sich also im Rahmen dieser Gespräche den Begriff der Gestalt und der begrifflichen Form durch folgende Definition zu eigen:

*Die Gestalt und die begriffliche Form, oder kurz die begriffliche Form, ist dasjenige, was den Stoff derart bestimmt, daß eine Energiequelle, eine Energiemündung, eine Gesetzesquelle, ein Gesetzesobjekt und eine gedankenmäßig erfaßbare Struktur in zeitlich begrenzter Dauer als einziges Ganzes aufweisbar wird.*

*Der Stoff und die begriffliche Form konstituieren das Naturobjekt.*

(Schluß folgt.)