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-762537

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: 07.01.2026

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 und Schluss.*)

III. Das Wirkungsquantum.

PHYSICUS: Nachdem wir uns Stoff und begriffliche Form als aristotelische Auffassungsweisen nunmehr für die Physik zu eigen gemacht haben, würde es mich als Physiker interessieren, die Tragweite dieser Begriffe dahin zu prüfen, ob sie der Physik neue Gesichtspunkte aufzuhellen imstande sind.

LOGICUS: In gewissem Sinne dürfte dies ja schon im Verlaufe unserer Besprechung geschehen sein.

PHYSICUS: Das Interesse war aber in erster Reihe auf Seite der Naturphilosophie, welche durch die Erreichung des Zieles, Stoff und Form in der Physik eingeführt zu sehen, ihre Genugtuung erlebt. Wenn es dabei bliebe, wäre die ganze Angelegenheit für die Physik von untergeordneter Bedeutung. Denn, was in der Physik nachträglich einführbar ist, kann ihre weitere Entwicklung nicht beeinflussen. Wenn es sich hingegen als möglich erweisen sollte, in noch nicht ganz klaren physikalischen Problemstellungen neue Gesichtspunkte aufzudecken, könnte eine derartige Tatsache zu einer physikalischen Lebenswichtigkeit werden.

LOGICUS: Wir dürfen nur nicht vergessen, daß wir hier nicht direkt Physik betreiben.

PHYSICUS: Dessen bin ich mir wohl bewußt. Aber die Grundlagen jeder physikalischen Theorie sind immer von einer bestimmten gedanklichen Einstellung getragen, die wir ruhig als philosophisch, wenn auch oft im negativen Sinne, ansprechen können, oder vielleicht sogar ansprechen müssen. Wenn z. B. Heisenberg seine Quanten-

mechanik damit beginnt, daß er den grundlegenden Beschluß faßt, alle physikalischen Modelle, sowie alle nicht unmittelbar in der experimentellen Erfahrung gegebenen Begriffe einfach nicht anzuerkennen und eine mathematische Theorie der gegebenen Meßgrößen aufzustellen, was ihm dann auch gelungen ist, so entspringt sein Beschluß einer bestimmten Wirklichkeitseinstellung, also einer philosophischen Einstellung, daß nämlich fast allen bis dahin gebräuchlichen Begriffen der Charakter der objektiven Geltung abzusprechen ist.

Logicus: Direkt scheint aber dieser Tatsachenverhalt bei der Begründung von Theorien wohl selten von einem Physiker derart ausgesprochen zu werden.

Physicus: Diese philosophische Einstellung des schaffenden Theoretikers ist auch nicht immer bewußt. Er denkt vor allem an Methodik. Und eben dies scheint mir der Grund zu sein, warum so vieles in den Theorien nicht konsequent zu Ende gedacht ist. Wenn ich mich nun schon an den Versuch herangewagt habe, Aristoteles in die moderne physikalische Diskussion einzuführen, so finde ich es als äußerst konsequent, wenn ich diese in der Regel mit Stillschweigen übergangene Ausgangsbasis auch wissentlich einmal in den Vordergrund stelle. Ich möchte eben gerne sehen, ob sich hier in der Physik etwas Wesentliches erreichen läßt.

Logicus: Ich muß zugeben, daß dieser Standpunkt in der Tat der klassischen Auffassungsweise der Naturforschung bei Aristoteles voll entspricht. Denn dieser betreibt auf diesem Gebiete eigentlich nichts anderes als die systematische Sichtung der in der damaligen Physik und Naturwissenschaft benützten Begriffe.

Physicus: Ich möchte mich für dieses Mal mit einem einzigen Problem begnügen, welches allerdings die gesamte Quantenphysik beherrscht und welches so für jede Besprechung der modernen Physik von ausschlaggebender Bedeutung ist. Es ist dies der Begriff des Wirkungsquantums. Ich stelle also an die aristotelische Naturphilosophie die konkrete Frage: Was ist das Wesen des Wirkungsquantums?

Logicus: Was sagt nun vorerst die Physik, wenn man diese Frage aufwirft?

Physicus: Für die Physik ist das sogenannte elementare Wirkungsquantum eine der universellen Konstanten der Physik, deren Dimension ein Produkt aus Energie und Zeit ist, und deren Größe

durch die Zahl $6{,}54 \cdot 10^{-27}$ Erg-Sek. ausgedrückt ist. Sein Symbol ist « h ». Betrachten wir z. B. die Emission des Lichtes bestimmter Farbe aus einem Atom. Die Emission der Lichtenergie geht in getrennten Wellenzügen vor sich. Man hat gefunden, daß der Energiebetrag, den ein Atom während einer dieser diskontinuierlichen Emissionen ausstrahlt, $3{,}4 \cdot 10^{-12}$ Erg beträgt. Diese Energie ist durch die Periode 1,9 Sek. gekennzeichnet. Wir besitzen somit die beiden Bestandteile, aus denen wir das natürliche Wirkungsklümpchen zusammensetzen können. Wir brauchen sie nur zu multiplizieren und erhalten $6{,}54 \cdot 10^{-27}$ Erg-Sek. Das ist die Größe « h »[1].

Logicus: Was soll an dieser physikalisch eindeutig und mit größter Genauigkeit festgestellten Größe naturphilosophisch von Interesse sein?

Physicus: Das merkwürdige Naturgesetz, das dieses Klümpchen zu etwas besonderem stempelt, besteht darin, daß wir immer dasselbe Resultat erhalten, welche Lichtquelle wir auch wählen mögen, Wasserstoff, Kalzium oder irgend ein anderes Element. Die Energie wird eine andere Anzahl Erg betragen und die Periode eine andere Anzahl Sekunden, immer aber wird ihr Produkt denselben Betrag an Erg-Sekunden liefern. Das gleiche gilt für Röntgenstrahlen, Gammastrahlen und jede andere Strahlenart. Es gilt ebensogut für Licht, das von einem Atom absorbiert wird, wie für solches, das emittiert wird, denn auch die Absorption geht diskontinuierlich vor sich. Offenbar ist « h » selber eine Art Atom — eine Einheit, die mit dem Strahlungsvorgang verknüpft ist. Es ist kein Atom irgendeiner Materie, sondern ein Atom oder, wie es gewöhnlich genannt wird, ein Quant einer nicht so greifbaren physikalischen Größe, der Wirkung. Während es 92 verschiedene Arten materieller Atome gibt, gibt es nur ein Wirkungsquantum. Es ist immer dasselbe, in welchem Zusammenhange es auch auftreten mag. Ich sage dasselbe ohne Vorbehalt. Sie werden vielleicht denken, daß doch ein Qualitätsunterschied zwischen einem Wirkungsquant von rotem Licht und einem Wirkungsquant von blauem Licht sei, obgleich beide dieselbe Anzahl Erg-Sekunden enthalten. Aber der scheinbare Unterschied ist nur relativ zu einem raumzeitlichen Bezugssystem und betrifft nicht das Wirkungsklümpchen, das absolut ist. Wenn wir uns der Lichtquelle mit außerordentlicher Geschwindigkeit nähern, so wandelt sich das rote Licht durch den

[1] *A. S. Eddington*, Das Weltbild der Physik, Braunschweig 1931, S. 184.

Dopplereffekt in blaues Licht und gleichzeitig erfährt die Energie der Wellen eine Änderung, da sie auf ein neues Bezugssystem bezogen wird. Eine Natriumflamme und eine Wasserstofflamme schleudern uns die gleichen Wirkungsteilchen entgegen ; nur sind diese Teilchen verschieden orientiert auf die Jetztlinien, die wir durch die vierdimensionale Welt ziehen. Wenn wir unsere Bewegung und somit die Richtung unserer Jetztlinien entsprechend ändern, können wir die vom Natrium ausgehenden Klümpchen in derselben Orientierung sehen wie vorher die vom Wasserstoff ausgehenden, und somit erkennen, daß sie in Wirklichkeit von ganz gleicher Beschaffenheit sind [1].

Logicus : Es ist offenbar, daß diese Ausführung eine ganze Reihe physikalischer Begriffe zu einem gemeinverständlichen Bilde zu komponieren bestrebt ist. Der abstrakten aristotelischen Denkweise würde eine strikte Stylisierung des Problems besser gerecht werden. Es scheint die Rede zu sein von Vierdimensionalität, von Energie, von der Wirkung als Energiezeitprodukt, von Lichtemission und von raumzeitlichen Beziehungen bei der Bewegung, den sogenannten Jetztlinien. Wie lassen sich nun die entsprechenden Fragestellungen präzisieren ?

Physicus : Das Wirkungsquantum ist experimentell nicht unmittelbar gegeben, wie etwa ein Elektron, sondern es tritt als charakteristisches Merkmal jedweder Energieänderung auf. Ein Beispiel liefert hier die mit der Emission eines Lichtquants verbundene Energieänderung. Das Lichtquant oder Photon, wie man es auch zu nennen pflegt, ist neben seiner Lokalisierung in Raum und Zeit durch eine charakteristische Frequenz, also durch eine Zeitspanne bestimmt, hat also auch die Zeit gewissermaßen zur vierten Dimension. Um also das Wesen des Wirkungsquantums zu erfassen, sind folgende Vorfragen zu beantworten :

1. Wie ist die Vierdimensionalität des Photons naturphilosophisch zu bewerten ?

2. Was ist das Wesen oder die Natur des Photons ?

Logicus : Von der vierten Dimension der Zeit neben den drei Raumdimensionen ist schon seit Minkowski die Rede. Dennoch erscheint mir die Minkowskische vierdimensionale Welt zu wenig homogen, um wirklich alle Dimensionen als gleichwertig ansehen zu

[1] Fortsetzung des soeben angeführten Zitates.

können. Die Zeitachse ist vor anderen Raumachsen ganz besonders ausgezeichnet durch ihre Richtung und mathematisch durch eine imaginäre Zahl.

PHYSICUS: Sonst aber tritt sie als gleichwertiger Partner mit den drei Raumachsen in der Relativitätstheorie auf. Bei dem Photon, welches die Physik als Naturkörper ansieht, handelt es sich um die Dimensionen eines Naturkörpers, nicht um Dimensionen des Naturgeschehens im Sinne der Relativitätstheorie. Daß der Raum durch ein dreidimensionales Koordinatensystem und durch die Hinzufügung der imaginärem Zeitachse ein geeignetes Kontinuum von Zahlenquadripeln darstellt, welche physikalisch als Punkte zu bewerten sind, hat mit der Dimension der Zeit und den Dimensionen des Raumes vorerst gar nichts gemeinsam. Ein hölzerner Würfel hat zum Beispiel eine Länge, eine Breite und eine Höhe, also drei Raumdimensionen. Es ist vorläufig wenig wichtig, wie wir diese Dimensionen in das dreidimensionale Raumkoordinatensystem eintragen. Wesentlich ist hier die alltägliche Erfahrung, daß ein Naturkörper irgendwelche bestimmte Raumdimension habe, deren Anzahl drei beträgt. Ein Naturkörper ohne drei Raumdimensionen ist ein Unding.

LOGICUS: Die drei Dimensionen in ihrer Existenz gehören eben zur begrifflichen Form des Naturkörpers. Wenn nun auch die Zeit in diesem Sinne als Dimension eines Naturkörpers angesehen werden soll, dann muß eine Zeitdimension als zur begrifflichen Form des Naturkörpers gehörig aufgewiesen werden. Denn wenn wir schon den Begriff der Zeitdimension einführen, müssen wir ihm in Analogie zu der Raumdimension die Definition zu Grunde legen: Die Zeitdimension des Naturobjektes ist derjenige Zeitintervall, welcher zu seiner begrifflichen Form gehört.

PHYSICUS: Diese Definition ist eben für das Photon erfüllt. Denn zum Begriff des Photons gehört wesentlich der seiner Frequenz entsprechende Zeitintervall, also eine Zeitdimension. Diese Zeitdimension ist für das Photon ebenso wesentlich, wie die Raumdimensionen des Würfels. Nachdem wir aber dem Photon als Energieträger auch die Raumdimensionen anerkennen müssen, weist das Photon vier Dimensionen auf. Erst das Photon als Ganzes mit seinen vier Dimensionen ist nun in das vierdimensionale Raumzeitsystem der Minkowskiwelt eingebettet.

LOGICUS: Welcher Unterschied ist nun zu machen zwischen der Vierdimensionalität der Raumzeitwelt und der Vierdimensionalität eines Naturköpers, wie es das Photon darstellt?

PHYSICUS: Dies dürfte derselbe Unterschied sein, der zwischen dem Naturkörper und den seine Lage in Raum und Zeit charakterisierenden Koordinaten besteht. Nachdem wir aber in unserem Gespräche den Naturkörper nicht in physikalisch gebräuchlicher Weise, sondern in der aristotelischen Auffassungsweise ansprechen, wird die Frage nach dem Unterschied zwischen beiden Vierdimensionalitäten richtiger der aristotelischen Naturphilosophie und nicht der Physik vorzulegen sein.

LOGICUS: Diese Entscheidung ist gar wohl begreiflich. Wir sahen nämlich in einem unserer früheren Gespräche die originelle Auffassungsweise des Ortes und der Zeit bei Aristoteles, welches von der physikalischen Auffassung abweicht [1]. Wir wollen uns hier nur kurz die Definitionen in Erinnerung bringen, deren wir uns hier bewußt sein müssen, da sie Raum, Zeit, Ort und örtliche Bewegung aristotelisch festsetzen.

1. Der Raum ist das, was das Naturobjekt durch seine Dimensionen einschließt.

2. Der Ort des Naturkörpers ist die Fläche, welche durch die Berührungspunkte des gegebenen Naturkörpers mit den ihn umschließenden Naturkörpern bestimmt ist.

3. Die räumliche Bewegung ist der Übergang des Naturkörpers von einem Orte an einen andern.

4. Die Zeit ist die Zahl der Bewegung.

PHYSICUS: Es müßte jetzt das Raumvolumen eines Naturkörpers, welches durch seine Raumdimensionen gegeben ist, dadurch verallgemeinert werden, daß wir die Zeitdimension als vierte Dimension hinzufügen und im Raumzeitkontinuum des vierdimensionalen Koordinatensystems ein vierdimensionales Raumzeitvolumen abgrenzen. Diese physikalische Auffassung entbehrt vorläufig noch des aristotelischen Korrektivs.

LOGICUS: Es muß im Rahmen dieses Gespräches dahingestellt werden, wie sich ein vierdimensionales Koordinatensystem aristotelisch auffassen läßt, da eine derartige Erwägung eine eingehende Analyse der ganzen Relativitätstheorie erfordern würde, die aber hier nicht

[1] Vorträge des Verf. im Wintersemester 1937/38 am Studium Catholicum in Prag: Der aristotelische Ort- und Zeitbegriff im Lichte der modernen Physik.

zur Rede steht. Es bleibt also noch dahingestellt, welchen naturphilosophischen, oder aristotelisch beurteilt, welchen ontologischen Sinn ein physikalisches Raumzeitkoordinatensystem hat. Denn der Raum ist nichts Selbständiges, wie wir aus den Definitionen ersehen, sondern er wird erst durch den Naturkörper definiert. Der Ort eines einzigen Naturkörpers verlangt mindestens vier weitere, ihn umgebende, kugelförmige, oder wenigstens einen speziell geformten Körper, der den ursprünglichen umgibt [1]. Die Zeit als Zahl der Bewegung hat eine absolute Bedeutung bloß für periodische Bewegungen, nicht aber für die geradlinige Bewegung. Die einer Periode entsprechende Zeit bildet eine wohl definierte Einheit. Die Periode betrifft eine Bewegung, ist also aristotelisch als Unterlage der Zeit zulässig. Es bleibt nur die Frage, wie die Bewegung als Veränderung mit der begrifflichen Form des Naturkörpers in Verbindung gebracht werden kann.

Physicus: Vom Standpunkte der Physik ist eine Tatsache klar. Die Charakteristik der Zeitperiode ist für das Photon wesentlich. Wenn wir die Zeit, also die für das Photon charakteristische Periode ändern, haben wir ein anderes, von dem ursprünglichen verschiedenes Photon vor uns. Eine weitere Tatsache ist, daß die Periode eine weitere Unterteilung nach der Auffassung der Quantentheorie nicht zuläßt. Es hat einfach keinen Sinn, von einem Bruchteil der Periode zu sprechen. Denn es ist keine physikalische Erscheinung bekannt, die einem solchen Bruchteil entsprechen würde. Wenn wir schon in Gedanken den Versuch machen wollten, uns mit einem Bruchteil der Periode zu beschäftigen, so haben wir in demselben Augenblicke die Periode und dadurch das Photon selbst zerstört. Neben der schon konstatierten Eigenschaft der zeitlich bestimmten Periode als eines charakteristischen Merkmales eines solchen Naturkörpers, haben wir es also auch mit einer nicht weiter sinnvoll teilbaren Einheit eines Zeitintervalles zu tun.

Logicus: Diese Eigenschaft der Unteilbarkeit einer Dimension finden wir ja auch bei der räumlichen Ausdehnung des Naturkörpers. Es hat ja sicherlich physikalisch auch keinen Sinn, von einem halben oder einem zehntel Atom zu sprechen. Seine räumlichen Ausdehnungen, also seine räumlichen Dimensionen, sind auch nicht weiter teilbar.

[1] Ontologické určení místa (Ontologische Ortsbestimmung), Filosoficka revue, Prag 1935, S. 149.

Teilbar ist das räumliche Volumen, welches das Atom erfüllt, aber bloß in dem Augenblicke, wo wir das Atom sozusagen aus dem Volumen entfernen, wo wir also den Kontakt mit dem Naturkörper verlieren. Dies scheint mir tatsächlich ein neuer Beweggrund dafür zu sein, die Zeitdimension als gleichwertig mit den Raumdimensionen anerkennen zu dürfen. Zugleich erhellt auch jetzt der Unterschied zwischen den zwei physikalischen Auffassungen der Vierdimensionalität, soweit wir sie hier zu besprechen brauchen. Die vier Dimensionen eines Naturkörpers sind tatsächlich charakteristische Einheiten, die aufs engste mit ihm verbunden sind. Die vier Dimensionen des Raumzeitkontinuums sind Maßstäbe, welche eine unbegrenzte Teilbarkeit aufweisen und dadurch ihren Wirklichkeitscharakter im Sinne der Naturkörperdimensionen verlieren. Ob sie in der Physik, welche von den endlichen, vierdimensional wohl begrenzten Naturkörpern ausgeht, konsequent beibehalten werden können, scheint zumindestens fraglich.

Physicus: Es sind tatsächlich schon Versuche aufgetaucht, das vierdimensionale punktförmige — punktförmig im Sinne der bis auf die Punkte, also ins unbegrenzte fortsetzbaren Teilbarkeit — oder punkterfüllte Raumzeitkontinuum aus endlichen Zellen aufzubauen, wobei auch für die Zeit eine untere, absolute Grenze, den kleinsten vierdimensionalen Naturkörpern entsprechend, festgesetzt wird [1].

Logicus: Jedenfalls ist die Vierdimensionalität der Naturkörper ohne Rücksicht und vielleicht sogar zum Unterschiede vom vierdimensionalen Raumzeitkontinuum aristotelisch richtig fundiert, denn sie geht eben vom Naturkörper aus. Jetzt ist noch zu erwägen, ob diese Fundierung so tief geht, daß wir mit Recht sagen können, daß die Vierdimensionalität in diesem Sinne von der begrifflichen Form selbst ausgeht. Alle Umstände scheinen dafür zu sprechen. Bloß die in der Definition der Zeitbewegung miteinbegriffene Bewegung als etwas Veränderliches scheint dem Begriffe der Form als etwas Unveränderlichem, Konstanten, zu widersprechen. Diese von mir schon vorgebrachte Einwendung ist noch immer nicht geklärt.

Physicus: Ich hege die Befürchtung, daß wir hier wieder auf die Zeitauffassung im Sinne einer ewigen Teilbarkeit stoßen. Es ist

[1] Es möge betont werden, daß die Quantenphysik, bis auf einen einzigen dem Verf. bekannten Fall, sich mit der Quantelung der Zeit als solcher bisher nicht befaßt.

eben eine prinzipielle Frage, ob es überhaupt einen Sinn hat zu kontrollieren, wie sich der Naturkörper, respektive seine begriffliche Form in einer Zeitspanne verhalte, die kleiner ist als seine charakteristische Periode. Dies hat, wie übrigens schon erwähnt, einen Sinn, wenn es um eine nicht wesentliche periodische Bewegung geht. Wenn z. B. ein Kind auf dem Ringelspiel sitzt, so kann es eine ganze Drehung des Ringelspieles erleben, aber auch eine halbe Umdrehung, auch eine Viertelumdrehung, und immer hat es einen Sinn so zu reden. Denn für das Kind ist auch ein Bruchteil dieser Kreisbewegung Vergnügen und Bewegung, und um mehr geht es hier nicht. Ganz anders ist die Situation, wenn wir folgende Erwägung anstellen, die zwar auch nur ein Analogiebeispiel darstellt, dennoch aber das wesentliche zu treffen scheint. Betrachten wir den Propeller eines Flugzeuges bei seiner Rotation. Wir nehmen dabei nicht den Propeller selbst wahr, sondern eine kreisförmige Scheibe. Nehmen wir nun an, wir sollten die Rotationsscheibe des Propellers, wie wir sie kurz nennen wollen, als unseren versuchsweisen Naturkörper ansehen und seine begriffliche Form bestimmen. Die Rotationsscheibe hat, wie schon der Name sagt, ein Volumen eines sehr niedrigen kreisförmigen Rotationszylinders, dessen Kreisform wir erblicken, wenn wir vor dem Flugzeug stehen. Die Scheibe ist durchsichtig, wenn sie auch das Licht ein wenig abschwächt. Die Rotationsscheibe als Ganzes ist weiter für feste Körper undurchdringlich, wie wir uns leicht versuchsweise überzeugen können und wie es übrigens jeder Flieger aus Erfahrung weiß. Wenn wir die Farbe angeben wollen, können wir von einem Grau sprechen, wie wir sie an einer leichten Rauchwolke zu sehen pflegen. Nehmen wir nun an, der Propeller sei aus Stahl. Dann können wir weiter sagen: die Rotationsscheibe ist aus Stahl, oder aristotelisch: der Stoff der Scheibe ist Stahl. Ist die Rotation nun beispielsweise durch die Zahl von 60 Umdrehungen in der Sekunde charakterisiert, so können wir nun weiter behaupten, daß die Stahlmaterie im Zeitintervall von einem Sechzigstel einer Sekunde über die ganze Scheibe gleichmäßig verteilt ist. Ein wesentliches Merkmal dieser Rotationsscheibe ist nun der Umstand, daß der gesamte Zustand, der durch ein Sechzigstel einer Sekunde bestimmt ist, sich in jeder Hinsicht jede Sechzigstelminute wiederholt. Noch besser drücken wir uns aus, wenn wir sagen, die Sechzigstelsekunde umfaßt alles das, was sich in der fortlaufenden Reihe dieser Bruchteile als identisch erweist und was wir eben die Rotationsscheibe nennen. Wenn wir einen kleineren Bruchteil einer

Sekunde ins Auge faßten, was in diesem Analogiebeispiel natürlich durch die Existenz eines zeitlich nicht dimensional begrenzten Propellers möglich ist, dann betrachten wir vielleicht den Propeller in seiner Bewegung, aber nicht die Rotationsscheibe. Diese ist nur dadurch existierend, daß wir ihre Dauer als Zahl der vollen Zeitintervalle der Sechzigstelsekunden feststellen. Es würde jeglichen Sinnes entbehren zu sagen, die Scheibe dauerte heute bloß eine Tausendstelsekunde. Die Rotationsscheibe ist so ein Analogiebeispiel eines vierdimensionalen Körpers, der nicht in der bis ins kleinste teilbaren Zeit in seiner Dauer feststellbar ist, sondern bloß in einer Zeit, die die Anzahl der betreffenden Zeitdimensionen als ihrer weiter unteilbaren Elemente angibt. Da außerdem die einzelnen Perioden stetig miteinander zusammenhängen, da weiter keine Anhaltspunkte für eine Unterbrechung dieser Perioden denkbar sind, weil natürlich die Unterbrechung einer Zerstörung der Periode und dadurch auch des Naturkörpers gleichkäme, so reihen sich die Einheiten der Zeitintervalle stetig aneinander. Stetig in dem Sinne, daß zwischen den einzelnen Zeitintervallen keine Zeitintervalle weiter denkbar sind. Und durch eine bestimmte Anzahl von Zeitintervallen, von stetigen und stetig sich aneinander anreihenden Zeitintervallen, ist die Dauer der Rotationsscheibe und analog die des Photons darstellbar.

Logicus : Und was ist nun zu antworten auf die Frage, ob nicht dem Propeller auch im Photon etwas entspreche ?

Physicus : Das ist eben der Unterschied zwischem der bloßen Analogie mit der Rotationsscheibe, daß im Photon nach der heutigen physikalischen Erkenntnis « hinter » der Ganzheit der Periode überhaupt nichts ist.

Logicus : Und was rotiert dann, was ist die Unterlage der Periode ?

Physicus : Ich befürchte, ganz im Sinne der Heisenbergschen Naturauffassung, an die wir uns so viel als möglich zu halten entschlossen haben, daß ich hier richtig antworten muß : Es rotiert hier gar nichts. Wenigstens weiß man von dieser Rotation nichts zu sagen. Physikalisch genügt uns die Feststellung, daß das Photon, welches wir durch eine sogenannte periodische Bewegung ausdrücken, einen bestimmten Zeitintervall aufweist, welcher dafür charakteristisch ist und welcher durch seine Konstanz die physikalischen Verhältnisse, die damit zusammenhängen, auch als konstant kennzeichnet.

LOGICUS: Ich erwartete ursprünglich eine Antwort, wie etwa der Äther, oder das elektromagnetische Feld, oder so etwas Ähnliches. Nun aber genügt mir der Hinweis auf unsere abstrakte Interpretation der Physik im Sinne von Heisenberg, wie wir ihn am Anfange unseres Gespräches angenommen haben, um mich zur Suche nach einem weniger bildlichen Abschluß dieser Frage zu bewegen. Es ist schließlich für unsere Gedankenkonstruktion kein Unglück, wenn wir keine modellartige Vorstellung zur Hand haben. Gedanklich steht einfach fest, daß es bei bestimmten physikalischen Naturkörpern einen derartigen Sachverhalt gibt, daß sie durch kleinste, nicht weiter teilbare Zeitintervalle bestimmt sind, welche, als Ganzes unter einander verglichen, den Naturkörper als identisch dauernd aufzuweisen gestatten. Die Lösung ist hier also durch eine Abänderung der Zeitauffassung bei der Beurteilung der identischen Dauer des Naturkörpers gegeben. Diese Eigenart der intervallartig charakterisierten Zeit als Unterlage der Dauer ist also als zur begrifflichen Form des Photons gehörend anzusehen. Die Dauer des vierdimensionalen Naturkörpers ist dann durch die Anzahl der sich aneinanderreihenden, weiter unteilbaren Zeitintervalle gegeben. Die begriffliche Form des Photons ist dadurch natürlich noch nicht erschöpft. Was ist also neben der nunmehr aufgeklärten Vierdimensionalität des Photons für diesen Naturkörper noch charakteristisch?

PHYSICUS: Im Lichte der heutigen Physik ist jeder Naturkörper, wie z. B. das Proton, das Elektron, das Positron usw. ein größeres oder kleineres Klümpchen Energie. Dasselbe gilt natürlich auch für die makrophysikalischen Körper, die wir mit unbewaffneten Augen wahrnehmen. Dasselbe gilt nun auch vom Photon. Zum Unterschied aber von den zuerst genannten Naturkörpern weist das Photon eine ganz besondere Struktur seiner Energie auf. Wir kennen zwar eine Unmenge energetisch verschiedener Photone, aber der Energieunterschied zwischen zwei Photonen ist immer ein Vielfaches einer ganz bestimmten Zahl, des schon früher erwähnten Wirkungsquantums. Dies kommt daher, daß die Energiemenge eines jeden Photons selbst ein derartiges Vielfaches von « h » ist. Wir können also auch sagen, daß die den Photonen entsprechenden Energiemengen nach Vielfachen von « h » abgestuft sind. Aber neben dieser Abstufung ist noch die Art bemerkenswert, auf welche der Zusammenhang der Energiemenge mit dem Wirkungsquantum zustande kommt. Das Wirkungsquantum

muß mit einer bestimmten Frequenz multipliziert werden oder, was auf dasselbe herauskommt, durch eine Zeitspanne dividiert werden, und dann erst erhalten wir als Rechenergebnis die dem Photon eigentümliche Energiemenge. Die eben erwähnte Zeitspanne ist charakteristisch für die « Farbe » des Photons, also für die Wellenlänge der durch das Photon gegebenen Strahlung.

Logicus : Die Zeitspanne ist demnach nichts anderes als die von uns schon vorher besprochene Zeitdimension des Photons.

Physicus : Natürlich können wir auf Grund unserer erarbeiteten Ergebnisse auch von der Zeitdimension sprechen. Diese Zeitdimension ist also aufs engste mit dem Wirkungsquantum im Rahmen eines Photons verkettet. Bildlich ist man fast versucht, die Sachlage mit den Worten auszudrücken : Die Art oder « Farbe » des Photons ergibt sich durch die verschiedentliche Ausdehnung des Wirkungsquantums in eine bestimmte Zeitdimension. Auch könnte man von einer Einbettung des Wirkungsquantums in eine bestimmte Zeitspanne reden. Unter Umständen wäre auch der Ausdruck verständlich, daß sich das Wirkungsquantum in eine Zeitspanne projiziert. Je nachdem, um was für eine Zeitspanne es sich handelt, entstehen verschiedene « Farben » des Photons oder kurz verschiedene Photonen. So ist das Wirkungsquantum mit der begrifflichen Form des Photons verbunden. Was schließlich den Stoff des Photons anbelangt, so ist nach der Quantentheorie keine weitere quantitative Unterlage weder bekannt, noch theoretisch anzunehmen, sodaß bloß gemäß der von uns angenommenen Stoffdefinition der erste Stoff als denknotwendige Unterlage des Photonbegriffs anzunehmen ist. Für mehrere Stufen des Stoffes, also für Stufen höherer Ordnung, liegen, wie gesagt, keine Anhaltspunkte vor.

Logicus : Es erübrigt sich nun die Frage, was das Wirkungsquantum im Lichte der aristotelischen Auffassungsweisen der Natur darstellt. Entweder ist es ein Naturkörper für sich oder eine begriffliche Form eines andern Naturkörpers, oder ist es der Stoff eines Naturkörpers. Schließlich könnte es auch bloß eine der Kategorien eines Naturkörpers sein.

Physicus : Die Kategorie der Quantität scheint mir am naheliegendsten, da es sich ja um ein Quantum handelt. Dieses Quantum dürfte dann einem Naturkörper, wie es das Photon darstellt, zugeteilt werden.

Logicus: Das stimmt insofern, als das Wirkungsquantum in der Physik durch eine Zahl ausgedrückt wird, daß es die physikalische Dimension zweier Größen, der Energie und der Zeit hat. Nun sind aber diese Bestandteile der Wirkung keineswegs imstande, das Wesen des Begriffes, den die Physik als Wirkung bezeichnet, zu erschöpfen. Denn das, was durch die Zahl und durch die Größen zum Ausdruck gelangt, sind bloß Bestandteile der Analyse dieses Begriffes. Durch deren Nebeneinanderstellung oder durch deren mathematische Multiplikation erhalten wir keineswegs noch die überragende Funktion, welche das Wirkungsquantum in der gesamten Natur darstellt und ausübt. Viel näher dürften wir dem Tatsachenverhalt sein, wenn wir uns unter dem Wirkungsquantum vielleicht einen selbständigen Naturkörper im Sinne eines Wirkungsatoms Eddingtons, im Sinne eines Urbestandteiles der Natur vorstellten, dessen aristotelischer Stoff die Energie und die Zeitdimension ist und dessen begriffliche Form in der ihm selbst eigenen Struktur sowie in seiner Funktion als Urbestandteil der Materie verborgen liegt.

Physicus: Gegen diese letzte Interpretation habe ich doch ein ernstes Bedenken. Als Naturkörper pflegen wir in hergebrachter Weise bloß das anzusehen, was, wie zumindestens ein Elektron, Volumen, Ort, Unabhängigkeit von der Zeit, Dauer, Stabilität und Bewegung aufweist. Dies alles vermisse ich beim Wirkungsquantum. Seine Selbständigkeit scheint mir physikalisch nicht nur undenkbar, sondern unseren heutigen Ansichten geradezu entgegengesetzt. Das Wirkungsquantum ist etwas, was wir *an* den energetischen Erscheinungen, an den Lichtquanten und anderswo feststellen.

Logicus: Wenn auch dieser Einwand, dessen Berechtigung ich natürlich nicht absprechen kann, die Interpretation des Wirkungsquantums als eines selbstständigen Naturkörpers verbietet, so möchte ich meinen Gedanken dennoch nicht ganz fallen lassen. Ich hätte dabei ohnedies die Schwierigkeit, die Energie mit der Zeit und ganz besonders die Zeit als Stoff im aristotelischen Sinne zu rechtfertigen, was sicherlich sehr schwierig wäre. Das Wirkungsquantum als Stoff anzusehen, scheint mir ausgeschlossen, denn es stellt in keiner Weise das Baumaterial irgendeines Naturkörpers dar, da dieser dann noch höher stehen müßte. Das Wirkungsquantum steht aber mit seiner Energie-Zeit-Synthese selbst schon höher als die bisher bekannten Naturkörper. So bleibt schließlich bloß die Interpretation des

Wirkungsquantums als begriffliche Form übrig, und gerade diese Interpretation ermöglicht mir, meinen vorhin ausgesprochenen Gedanken wenigstens in diesem Sinne zur Geltung zu bringen.

PHYSICUS: Ich weiß noch nicht recht, wie diese Interpretation sich gestalten wird, aber die Quantität, auf die ich vorhin hingewiesen habe, dürfte für eine Interpretation des Wirkungsquantums als begriffliche Form nicht geeignet sein.

LOGICUS: Hier dürfte eine klare Unterscheidung am Platze sein zwischen dem, was ich vom philosophischen Standpunkte am Wirkungsquantum für wesentlich anzusehen geneigt bin und dem, was die Physik praktisch im Wirkungsquantum sieht [1]. Es scheint mir gar nicht so schwierig zu sein, beide Auffassungen in einem einheitlichen Standpunkte zu vereinigen. Die Sachlage läßt die bekannte physikalische Tatsache erkennen, daß ein Begriff experimentell postuliert und bearbeitet wird, daß die theoretische Physik sich seiner nach der quantitativen Seite bemächtigt und mit ihm erfolgreich operiert, daß aber eine konsequente logische und philosophische Bearbeitung bis zu den letzten Konsequenzen als physikalisch nicht interessant, mehr oder minder wissentlich außer Acht gelassen wird. Es ist richtig, daß die Physik im Wirkungsquantum vor allem eine Zahl sieht, welche bestimmte Dimensionen aufweist, also im wahrsten Sinne des Wortes ein Quantum. Ebenso richtig ist es aber, daß dieses Wirkungsquantum eine universelle Naturkonstante darstellt, die am Aufbau der Natur in außerordentlicher Weise beteiligt ist; daß ferner die Dimension von Energie-Zeit eine ganz ungewöhnliche Erscheinung im Gebiete der physikalischen Größen darstellt; daß ferner die Struktur der Verschmelzung von Zeitspanne und Energie eine reale untere Grenze

[1] Eine ähnliche Doppeleinstellung erörtert v. Mises im Rahmen deterministischer Überlegungen: ... Die philosophische Beurteilung dieses Ergebnisses wird verschieden ausfallen, je nachdem, welche Stellung man zu den Grundbegriffen der theoretischen Physik einnimmt. Wer in den ponderomotorischen Kräften, Dichten, Dielektrizitätskonstanten Dinge sieht, denen eine von der Aufgabe der Naturbeschreibung unabhängige Existenz zukommt, wird den Determinismus als grundsätzlich bewahrt und nur praktisch ausgeschaltet ansehen. Für denjenigen aber, der diese Begriffsbildungen nur als Hilfsmittel auffaßt, die durch die Differentialgleichungsansätze eingeführt werden und mit diesen dazu dienen, eine Orientierung in der Erscheinungswelt zu ermöglichen, für den fallen die Grenzen der Anwendbarkeit und die Grenzen des Determinismus selbst zusammen. « Über kausale und statistische Gesetzmäßigkeit in der Physik », Naturw. 18 (1930), S. 147.

sowohl für die Energiemenge als auch für die Zeitintervalle ergibt; daß diese Verschmelzung des weitern einen Einblick in die überzeitliche Struktur der Natur ermöglicht. Dies alles aber sind Tatsachen, welche neben der Tatsache der Quantität oder besser über die Quantität hinaus eine Fülle von Gedanken darbieten, die nicht anders als ein Inhalt einer begrifflichen Form bewertet werden können. Es ergeben sich also augenscheinlich zwei Aspekte, welche wir vielleicht als Wirkungsquantumsynthese oder philosophisches Wirkungsquantum, und als Wirkungsquantumkonstante oder physikalisches Wirkungsquantum bezeichnen können. Dies nicht in dem Sinne von zwei Gegebenheiten, sondern im Sinne einer Unterordnung. Das philosophische Wirkungsquantum als begriffliche Form eines Naturkörpers, wie z. B. des Photons, welches an und für sich natürlich experimentell nicht greifbar ist, und welches sich dann im Gebiete der Kategorien, also im Gebiete des sinnlich Wahrnehmbaren, insbesondere in der vornehmsten Kategorie, der Quantität, als zahlenmäßige Charakteristik, als physikalische Größe auswirkt.

Physicus: Wenn also das sogenannte philosophische Wirkungsquantum samt seiner quantitativen Auswirkung des physikalischen Wirkungsquantums eine begriffliche Form darstellt, so muß entsprechend der Universalität der Wirkungsquantumkonstante auch die begriffliche Form eine derartige Universalität aufweisen. Praktisch würde das bedeuten, daß z. B. alle Arten von Lichtquanten eine gemeinsame begriffliche Form besäßen. Ja noch mehr, alle Arten von Energiequanten, die doch ganz nach dem Bilde der Lichtquanten gebildet sind, würden zu Naturkörpern mit einer einzigen identischen begrifflichen Form, ganz im Widerspruch mit der fast unbegrenzten Mannigfaltigkeit, die sie unseren Sinnen darbieten.

Logicus: Da dieser Schluß einwandfrei ist, bleibt der Philosophie bloß übrig zu konstatieren, daß unter solchen Verhältnissen die große Mannigfaltigkeit der sich uns darbietenden Naturerscheinungen an vielen Naturkörpern, wie z. B. Lichtfarben, Wärmestrahlen u. a. nur zufälligen, also akzidentellen Charakter haben. Es muß aber hier sofort hervorgehoben werden, daß das philosophische Wirkungsquantum, also das Wirkungsquantum als begriffliche Form, sich bloß auf diejenigen Naturkörper erstreckt, welche gemäß der Quantenphysik unmittelbar betroffen sind. Es sind dies also vor allem die Naturkörper der Atomistik und der in diesen Maßstäben sich befindenden

Gebiete. Gerade die Quantenphysik zeigt, daß für große Quantenzahlen ein allmählicher Übergang von atomarer Struktur zur uns geläufigen Makrostruktur festzustellen ist. Wir können dann auch auf die zusammengesetzten Strukturen von Kristallen aller Arten hinweisen, welche neben ihrer Zusammensetzung aus Atomen auch noch eine eigene Gesetzlichkeit aufweisen und derart über die bloße begriffliche Form des philosophischen Wirkungsquantums herauszuwachsen scheinen. Keineswegs gilt also die Identität der begrifflichen Form für alle Naturkörper, aber immerhin für eine große Klasse gerade der kleinsten Bausteine der Natur.

Physicus: Diese philosophische Interpretation des Wirkungsquantums bestätigt also die in der Physik schon lange bekannte Tatsache, daß z. B. kein prinzipieller Unterschied zwischen den einzelnen Farben des Lichtes besteht und daß daher der alten Diskussion über die Qualitäten, zu welchen die Farben von der Philosophie gezählt werden, bei weitem nicht diejenige Bedeutung zugemessen werden kann, die sie früher zu haben schien. Ja, es hat sogar den Anschein, als ob hier eine Diskussion über ein Problem geführt wurde, das überhaupt keines war, also über ein Scheinproblem.

Logicus: Die Diskussion über die Art der Farbqualitäten steht hier nicht zur Rede; aber soviel mag schon bemerkt sein, daß es ein Mißverständnis wäre, die Identität der begrifflichen Form aller Lichtquanten dahin zu deuten, daß sie voneinander überhaupt nicht unterschieden wären und daß dasjenige, was als Qualität des Lichtes angesprochen wird, einfach nicht existiert. Auch heute würde sich eine derartige Debatte keineswegs um ein Scheinproblem drehen. Die Sinne unterscheiden auch weiterhin verschiedene Farben des Lichtes, also, physikalisch gesprochen, verschiedene Arten der Lichtquanten. Das erkennt übrigens gerade die Physik voll an. Denn sie unterscheidet ja die einzelnen Frequenzen des Lichtes, also die einem bestimmten Lichtquant entsprechende Zeitdimension. Diese Verschiedenheit der Arten der Lichtquanten wird vom menschlichen Auge eben als Verschiedenheit der Farbe registriert. Das menschliche Sehvermögen ist demnach imstande, dieselbe begriffliche Form auf verschiedene Art wahrzunehmen.

Physicus: Das Auge täuscht sich eben, da es ja ersichtlich immer nur um dieselbe begriffliche Form geht.

LOGICUS: Das Auge ist eben dazu da, wie die Erfahrung zeigt, einzig und allein Lichtquanten einzufangen. Was es also einfängt, sind immer nur Lichtquanten, und darin täuscht es sich nicht. Wir können somit auch sagen, daß das Auge derart auf eine einzige begriffliche Form eingestellt ist. Abgesehen davon, daß auch Konfigurationen mehrerer Lichtquanten in ein und demselben Augenblick für das Auge wahrnehmbar sind, und daß weiter andere Organe die bestimmten Folgen der einzelnen Lichtwahrnehmungen aneinanderzureihen und entsprechend zu deuten imstande sind, hat das Auge auch noch die Fähigkeit, die Struktur der einzelnen Lichquanten, die eben individuell verschieden ist, auch als Verschiedenheit zu registrieren. Diese Verschiedenheit ist in den verschiedenen Zeitdimensionen begründet, die den einzelnen Arten der Lichtquanten entsprechen. Diese Zeitdimensionen sind bloß Auswirkungen oder mit andern Worten verschiedene Projektionen ein und derselben begrifflichen Form in die Kategorie der Zeit. Das Auge hat also die Fähigkeit, sowohl das Lichtquant als solches, als auch seine Zeitstruktur zu registrieren. Nur nebenbei sei bemerkt, daß diese Zeitstruktur die wesentliche Unterlage dessen darstellt, was in der Frage der Farbqualitäten zur Diskussion zu stehen pflegt. Entschieden kann eine solche Frage nicht durch die Charakteristik als Scheinproblem aus der Welt geschafft werden.

PHYSICUS: Die Wahrnehmung des menschlichen Auges scheint aber überhaupt wenig auf die begriffliche Form eingestellt zu sein, da es doch eigentlich in erster Linie die charakteristische Zeitstruktur registriert. Das scheint mir der Grund dafür zu sein, daß das Auge bestimmte Zeitstrukturen, also Farben registriert, viele aber nicht. Ich meine hier unter Farbe im allgemeinen die einzelenen Arten der Lichtquanten. Das Auge nimmt bloß die sogenannten optischen Bereiche wahr, nicht aber die Lichtquanten des ultraroten, ultravioletten, des Röntgengebietes und aller anderer Arten, die doch nach unserer Besprechung dieselbe begriffliche Form des philosophischen Wirkungsquantums aufweisen.

LOGICUS: Es liegt meinerseits keineswegs die Absicht vor, hier physiologische oder erkenntnistheoretische Studien einzuflechten. Darum sei bloß angedeutet, in welchem Sinne das Beispiel des Auges herangezogen wurde. Ich behaupte nicht, daß das Auge dazu da ist, begriffliche Formen als solche einzufangen. Das Auge ist ein Sinnes-

werkzeug, und als solches vermittelt es Signale aus den Gebieten der Kategorien, vor allen der Quantität. Auch wenn das Auge ein Lichtquant, also einen Naturkörper einfängt, so ist es doch keineswegs Geist, um dessen begriffliche Form zu begreifen ; dazu ist in hier nicht näher zu erklärender Weise das geistige Vermögen des Menschen da. Das Auge ist aber auf das Einfangen des ganzen Naturkörpers, Lichtquant genannt, eingestellt, seine Registrierfähigkeit ist aber eben im Sinne eines Sinnenwerkzeuges im Rahmen der Kategorien auf einen bestimmten Bereich abgegrenzt, über welchen hinaus es einfach nicht angeregt werden kann. Was nun das Auge im Bereiche seiner Fähigkeiten zu registrieren imstande ist, sind ausnahmslos Lichtquanten mit der identischen Form des philosophischen Wirkungsquantums und zugleich in ihrer Gebundenheit an die Kategorien und durch ihre Gebundenheit an Kategorien. Daß es außerhalb dieses Augenbereiches auch noch Lichtquanten mit einer andren Art kategorischer Gebundenheit oder andrer energiezeitlicher Projektion gibt, ändert an den Feststellungen über das Auge nichts. Das Beispiel des Auges vermochte uns bloß deutlich zu veranschaulichen, wie die begriffliche Form eines Naturkörpers und speziell des vierdimensionalen Naturkörpers, des Lichtquantes, mit der Kategorie der Zeit und Energie verbunden ist.

Physicus : Als Physiker würde mich nun ungemein interessieren, wie sich vom universellen philosophischen Wirkungsquantum die Mannigfaltigkeit der zeit-energetischen Projektionen ableiten soll. Wo ist, mit andern Worten, die Mannigfaltigkeit im Rahmen der Kategorien begründet, wenn die begriffliche Form identisch für alle Lichtquanten dieselbe ist ?

Logicus : Diese Frage ist für den Physiker deshalb interessant, weil er sozusagen das Wirkungsquantum aus Energie und Zeit selbst zusammengesetzt hat und nun das philosophische Wirkungsquantum sozusagen auf seinen Wirkungsquantumbegriff aufgepfropft sieht. Leider ist die Antwort zumindestens ebenso schwierig, wie für den Physiker die Begründung, warum es gerade so eine Mannigfaltigkeit der Lichtquanten gibt. Diese Mannigfaltigkeit wird von der Physik einfach als Tatsache hingenommen. Und mit Recht. Die Fülle dieser mannigfaltigen Gegebenheiten meistert die theoretische Physik mit dem Instrumente der statistischen Methode, welche mit dem Wahr-

scheinlichkeitsbegriff operiert. Eine weitere Erklärung fordert die Physik heute nicht. Wenn nun im Rahmen dieses Gespräches die Physik dennoch diese Frage stellt, und in diesem Falle wiederum mit Recht, dann muß zugegeben werden, daß die Lösung dieser Frage sicherlich nicht allein aus dem Begriffe des philosophischen Wirkungsquantums ableitbar sein dürfte. Die Philosophie könnte sich zwar auf den Standpunkt der gegebenen Tatsache stellen, und wir werden es für unser heutiges Gespräch auch tun müssen, aber bei einer anderen Gelegenheit wird es sicher geboten erscheinen, dieses Problem näher zu beleuchten. Die Physik stellt so die Frage nach einer Ursache der Mannigfaltigkeit, die sie selbst heute nicht beantwortet. Die Philosophie müßte hier das Ursachenproblem entwickeln und würde dabei selbstverständlich auch die statistische Methode der Physik mit dem Wahrscheinlichkeitsbegriff einer kritischen Analyse unterziehen müssen. Dies muß, abgesehen von dem begrenzten Rahmen unseres heutigen Themas, einem späteren Gespräche überlassen bleiben, um Aristoteles selbst die Gelegenheit zu bieten, vorerst seinen eigenen Standpunkt in dieser Frage darzulegen [1].

Physicus: So wäre es nunmehr angezeigt, das Ergebnis unserer Applikation des aristotelischen Stoff- und Formbegriffes auf den Begriff des Wirkungsquantums zusammenzufassen.

Die Physik macht sich also im Rahmen dieses Gespräches folgende Definitionen zu eigen:

1. *Ein vierdimensionaler Naturkörper ist derjenige, welcher neben den drei Raumdimensionen auch noch die Zeitdimension aufweist.*

2. *Die Zeitdimension ist jene weiter unteilbare Zeitgröße, durch welche sich die begriffliche Form eines vierdimensionalen Naturkörpers in der Kategorie der Zeit auswirkt.*

3. *Die zeitliche Dauer des vierdimensionalen Naturkörpers ist durch die Anzahl der sich aneinanderreihenden, weiter unteilbaren Zeitgrößen der Zeitdimensionen gegeben.*

4. *Das philosophische Wirkungsquantum ist diejenige begriffliche Form, welche einen vierdimensionalen Naturkörper konstituiert.*

5. *Das physikalische Wirkungsquantum ist die Auswirkung*

[1] « Die Ableitung des sogenannten Wahrscheinlichkeitsprinzips aus dem aristotelischen Akt-Potenz-Prinzip », Vortrag am Studium Catholicum in Prag im Wintersemester 1938/39, wird demnächst vom Verf. veröffentlicht werden.

des philosophischen Wirkungsquantums im Gebiete der Kategorien als Produkt von Energie und Zeitdimension in Form der universellen Wirkungskonstante « h ».

6. *Das Lichtquant oder Photon ist ein Naturkörper, dessen begriffliche Form das philosophische Wirkungsquantum ist und dessen Stoff der erste Stoff ist.*

6a. *Das Lichtquant oder Photon ist ein vierdimensionaler Naturkörper, dessen Stoff der erste Stoff ist.*