

Philosophie und Physik : Analyse des gegenseitigen Verhältnisses [Fortsetzung und Schluss]

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

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Divus Thomas**

Band (Jahr): **25 (1947)**

Heft 3

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-762405>

Nutzungsbedingungen

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

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

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

Haftungsausschluss

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

Philosophie und Physik

Analyse des gegenseitigen Verhältnisses

Von R. N. Dr. Artur PAVELKA, Prag

(Fortsetzung und Schluss)

11. Die experimentale Methode der modernen Physik

Das Ausgangsobjekt der Physik ist jedes in der Natur sich bietende Objekt, jedes Naturobjekt. Die moderne Physik macht nun keineswegs das Naturobjekt in seiner Fülle, wie es die Natur bietet, zu ihrem Gegenstand, sondern bloß ein durch das später zu besprechende Subjekt bestimmte Teilgebiet des Naturobjektes, z. B. seine Struktur. Und den so dem Ausgangsobjekt entnommenen Gegenstand untersucht die Physik nicht durch bloße Beobachtung dessen, was die Naturobjekte in dieser Hinsicht einfach bieten, sondern auf dem Wege über das Experiment.

Das Experiment ist die erste Phase eines jeden neuen Erkenntnisprozesses in der Physik. Diese Behauptung will keineswegs den historischen Werdeprozeß physikalischer Begriffe erklären. Es soll bloß die heutige Sachlage charakterisiert werden, welche reichhaltige physikalische Kenntnisse bereits voraussetzt und neue erwerben will. Für diese fortschreitende Erkenntnis ist jedesmal das Experiment die erste Phase. Die Anlage des Experimentes hat vor allem den Zweck, die das Verhalten des Naturobjektes bestimmenden Faktoren auf ein Mindestmaß herabzusetzen und quantitativ zu beherrschen. Es sind also im allgemeinen mehrere verschieden angelegte Experimente notwendig, um die Eigenschaften der Einzelgegenstände experimentell festzustellen. Das Ergebnis des Experimentes ist dann eine Sinneserkenntnis, die bestimmte qualitative und quantitative Züge aufweist. Wenn wir dann das Einzelexperiment in die Gesamtheit der Experimente einfügen, die uns alle Sinneserkenntnisse liefern, die zu einem neuen Erkenntnisprozesse notwendig sind, können wir die Behauptung aufstellen: *Das Experiment ist seinem Ziele gemäß eine organisierte Sinneserkenntnis zur Erfassung des physikalischen Gegenstandes aus dem Naturobjekt.*

Wenn wir dem Physiker mit der Erfassung des physikalischen Gegenstandes aus dem Naturobjekt kommen, wird er vielleicht einwenden, daß für ihn keine anderen Gegebenheiten existieren, als die Naturerscheinungen. Zu diesem im Hinblick auf den vorherrschenden Sprachgebrauch in Literatur und Laboratoriumbetrieb sehr wohl möglichen Einwand sei hier eine prinzipielle Bemerkung eingefügt. Wir müssen uns nämlich bewußt bleiben, daß wir die moderne Physik hier im thomistischen Lichte beurteilen und daher zum Ausdruck bringen müssen, was diese Wissenschaft thomistisch gesehen tut, wenn dies auch von Seiten der Physik unbewußt geschieht. Der Unterschied in den sicher auseinandergehenden Anschauungen und noch mehr in den auseinandergehenden Ausdrucksweisen der thomistischen Philosophie und der modernen Physik gehört natürlich mit zur philosophischen Beurteilung der Physik und wird uns deshalb im weiteren nicht wenig zu beschäftigen haben. Die thomistische Philosophie sieht in der Ausdrucksweise « Naturerscheinung » eine ihr fremdartige Interpretation im Sinne einer Phänomenologie und benützt für den Ausgangspunkt der physikalischen Erkenntnis und des physikalischen Experimentes das Naturobjekt, aus dem sich dann nach bestimmten Gesichtspunkten das Objekt der Physik und der Gegenstand der Physik ergeben.

Den ganz bestimmten Charakter des physikalischen Objektes und des physikalischen Gegenstandes müssen wir der materiellen Seinsstruktur entnehmen, welche der physikalische Gegenstand darstellt. Wie wir schon aus der Besprechung der alten Physik wissen, faßt der Thomismus das Naturobjekt als ein materiegebundenes Sein auf, das eine ganz bestimmte begriffliche Struktur besitzt, nämlich den substantiellen Seinskern und die den Kern umgebenden Schalen der einzelnen akzidentellen Seinsweisen. Die alte Physik behandelt ein derartiges Naturobjekt in seiner Gesamtheit, vom Kern bis zur äußersten Schale. Das derart in seiner ganzen Fülle erfaßte Naturobjekt ist für die alte Physik sowohl Ausgangspunkt — oder wie wir sagen wollen — Ausgangsobjekt und gleichzeitig auch wissenschaftliches Objekt. Zwischen Ausgangsobjekt und dem eigentlichen wissenschaftlichen Objekt ist nämlich der Unterschied, daß das Ausgangsobjekt ein selbständiges Naturobjekt darstellt, also ein Individuum, das wissenschaftliche Objekt hingegen ist oft nur etwas an dem Individuum, also das Produkt einer Abstraktion, wie wir dies bei den alten Spezialfächern der einzelnen Naturwissenschaften sehen. Die moderne Physik kann nun nicht behaupten, daß ihr Naturobjekt in jeder Hinsicht schon das wissenschaftliche Objekt und der dann

daraus erarbeitete physikalische Gegenstand ist. Dazu wäre es notwendig, daß auch die moderne Physik die Fülle der materiellen Seinsstruktur als Objekt anerkenne. Diese Anerkennung stößt nun auf gewisse Schwierigkeiten. Daß es sich bei dem Objekte der Physik um etwas Materielles handelt, dürfte auch der nicht philosophisch orientierte Physiker zugeben. Er ist ja davon überzeugt, daß er mit der Materie, also mit sinnlich wahrnehmbarer Materie arbeite. *Wir können also die Materiegebundenheit des von der Physik erfaßten Gegenstandes nicht nur als objektiv sichergestellt, sondern auch von den Physikern als anerkannt ansehen.*

Anders fällt das Urteil aus, wenn wir in der materiellen Seinsstruktur das Sein betonen, wenn wir also danach fragen, ob der moderne Physiker die thomistische Seinsstruktur kennt und anerkennt. Wir werden der Sachlage nicht gerecht, wenn wir auf diese Frage ein klares « ja » oder « nein » erwarten. Wenn wir dem Physiker heute diese Frage stellen, werden wir in den meisten Fällen verlegene Mienen hervorrufen, bestenfalls werden wir zu hören bekommen, daß der Physiker von Seinsfragen nichts verstehe. Für den modernen Physiker gibt es keine Seinsprobleme. Wir könnten dann versuchen, anstatt der Frage nach der Fülle des materiellen Seinsgebildes uns mit der Frage zu begnügen, ob in der modernen Physik wenigstens das materielle Seinskriterium erfüllt sei. Wie wir an den alten speziellen naturwissenschaftlichen Fächern gesehen haben, ist diese Forderung etwas schwächer als die nach der Fülle des materiell bedingten Seinsgebildes. Dieses Kriterium war tatsächlich für alle naturwissenschaftlichen Fächer der Alten erfüllt. Aber nicht einmal in diesem Falle können wir eine Antwort erwarten, da es wiederum auf den Seinsbegriff ankommt. *Wir müssen also damit rechnen, daß der Physiker als der Träger der modernen Physik sowohl den Seinsbegriff als auch das materielle Seinskriterium als etwas ihm Fremdes betrachtet und daß er vom Standpunkte der Denkweise der modernen Physik nicht imstande ist, zu diesen Begriffen Stellung zu nehmen.*

Diese indifferente Einstellung des Physikers zu dem philosophischen Seinsbegriff ist das erste Symptom eines Unterschiedes zwischen alter und neuer Physik. Das Experiment deckt die weiteren Unterschiede auf. Wir brauchen bloß zu verfolgen, welchen Charakter die Objekte haben, die sich aus den Experimenten ergeben. Der Experimentator konzentriert sich in erster Linie auf die sinnlichen Qualitäten, von denen wir wissen, daß sie uns die sinnlich wahrnehmbare Materie vermitteln, also Farben, Strukturen und Oberflächenbeschaffenheiten. Von

hier aus dringt der Physiker weiter vor. Wenn wir sagen, er dringe weiter in das Innere des Naturobjektes vor, so wird uns der Physiker wohl verstehen, denn auch er weiß, daß die Oberflächenbeschaffenheit und die Farbe einer nicht nur räumlich, sondern auch begrifflich tieferliegenden Struktur entsprechen. Es schwebt also auch dem Physiker eine Art schalenartiger Struktur vor, nur daß er sie nicht als Seinsstruktur, als Seinsgebilde betrachtet. Das Experiment ist aber nicht bloß qualitativ eingestellt, sondern vorwiegend quantitativ durch seine Meßergebnisse. So dringt der Experimentator bis zur Schale der Quantität vor. Er ist überzeugt, hiemit die tiefstliegende Schale erreicht zu haben. Im Gebiete der thomistischen Akzidenzien besteht seine Überzeugung zu Recht. Denn die *thomistische Philosophie und die moderne Physik stimmen tatsächlich darin überein, daß die Quantität die zutiefstliegende Schichte der sinnlich wahrnehmbaren Materie ist.*

Das Experiment, das dem Physiker systematische Angaben aus dem Akzidenziengebiete für die Sinneserkenntnis liefert, kann natürlich auf keine Weise zum Seinskern vordringen. Das Experiment in seiner qualitativen und quantitativen Einstellung ist heute imstande, die feinsten und leisesten Niederschläge jedweden Einflusses auf diese Akzidenziengebiete aufzudecken, darüber hinaus aber kann das Experiment prinzipiell nicht gelangen. Da in der Physik die experimentelle Methode der ausschließliche Weg zur Aufnahme neuer physikalischer Objekte und Gegenstände ist, bleibt der Seinskern aus der Erfassung ausgeschlossen. Wie wir wissen, kommt dies auf eine unerlaubte Abstraktion¹ heraus, *die Physik höhlt das Naturobjekt in unerlaubter Weise aus. Will die Physik nicht die Ausschließlichkeit der experimentellen Methode für die Erfassung ihrer Einzelgegenstände aufgeben, dann muß sie thomistisch gesehen notwendig ihre Unabgeschlossenheit dem Seinsgebilde des Naturobjektes gegenüber zugeben.*

12. Die induktive Methode der modernen Physik

Das durch das Experiment erfaßte Objekt muß nun durch die in der Physik benützten Erkenntnismittel zum Gegenstand geprägt werden. Es wird in eine bestimmte Art von bereits erkannten Gegenständen eingereiht. Diese Reihe von Einzelgegenständen wird nun nach einer bestimmten Regel geordnet. Der Physiker sucht einen Ordnungszu-

¹ Also ein Vorstoß gegen die Reihenfolge der stufenweisen *abstractio a materia*.

sammenhang zwischen den Einzelgegenständen. Dieser Ordnungszusammenhang ist nicht unmittelbar gegeben. Es ist im allgemeinen recht schwierig, einen solchen Ordnungscharakter überhaupt ausfindig zu machen. Findet dann der Forscher eine Relation, die die Einzelgegenstände miteinander verbindet, dann ist der erste ordnende Schritt getan. Eine Anleitung zur Auffindung eines solchen ersten Ordnungszusammenhanges gibt es aber nicht. Wenn mit Induktion ein systematisches Auffinden eines bisher unbekanntem Ordnungszusammenhanges gemeint ist, dann gibt es, aufrichtig gesprochen, in der Physik auf dem Wege vom Einzelgegenstand zu seiner ersten Ordnungsstufe keine Induktion.

Aber auch in der weiteren ordnenden Tätigkeit des physikalischen Theoretikers ist von einer induktiven Methode im Sinne einer eindeutigen Anleitung zur Auffindung bisher unbekannter Zusammenhänge zwischen gegebenen Gegenständen nichts zu erkennen. Eine Induktion, wie sie die Mathematik kennt, wo aus der Erkenntnis einer Beziehung für einige ganze Zahlen der allgemeine Schluß von n auf $n + 1$ durchgeführt wird, hat in der theoretischen Physik keine Anwendung, ja nicht einmal eine Analogie. Es muß also der Inhalt der induktiven Methode ein anderer sein, als der einer festen Anleitung zur Erschließung höherer Ordnungszusammenhänge.

Die eigentliche Arbeit des Theoretikers beschränkt sich keineswegs auf kleinere Regeln, die eine geringere Anzahl von Einzelgegenständen ordnend zusammenfassen. Der Theoretiker ist bestrebt, umfassendere Ordnungsprinzipien aufzustellen, die als Erkenntnisgrund eine größtmögliche Anzahl von Einzelgegenständen der Physik erfassen. Die Auffindung eines solchen Ordnungsprinzipes wird durch die bisherige Erfahrung des Theoretikers unterstützt. Der Theoretiker benützt verschiedene Analogieschlüsse, er wertet die verschiedensten Modellvorstellungen aus. Aber der eigentliche Schritt von den Einzelgegenständen zu dem Ordnungsprinzip ist ein unvermittelter, gedanklicher Sprung, eine hier nicht näher zu erörternde Eingebung, die plötzlich ein neues Licht auf die Ordnung der Einzelgegenstände wirft. Dieses intuitive Aufgreifen eines neuen Ordnungsprinzipes ist die einzige spekulative Operation, die als Induktion unter Umständen gewertet werden könnte. Die Operation ist eher psychologisch als physikalisch-methodisch interessant. Den Charakter einer Operation, also einer geregelten Handlungsweise, verdient sie nur im gewissen Sinne, indem sie nämlich durch Analogie, durch Modellvorstellungen und durch symbolische Konstruk-

tion ein Netzwerk der Phantasie konstruiert, in welchem das ordnende Prinzip eine fehlende Lücke ausfüllt.

Ist nun einmal ein derartiges Ordnungsprinzip erkannt, dann beginnt seine Auswertung. Es werden alle Ableitungen aus dem neuen Prinzip durchgeführt, damit festgestellt werden könne, welche Einzelgegenstände aus dem Ordnungsprinzip ableitbar sind und welche nicht. Erst diese Ableitungsergebnisse geben dem neuen Prinzip seine Berechtigung im Rahmen der theoretischen Physik. Der induktive Sprung oder die Intuition sind also in ihren Anfängen bloße, vorerst nicht zu Ende gedachte begriffliche Postulate und als solche bloße gedankliche Möglichkeiten, deren Berechtigung erst die Durchführbarkeit der erwarteten Ableitungen erweist.

Die neuesten physikalischen Bestrebungen stecken sich das Ziel, die Gesamtheit aller Einzelgegenstände der Physik aus einem höchsten Erkenntnisgrunde, einem letzten Prinzip oder einem Prinzipiensystem abzuleiten. Die bisher abgeleiteten Prinzipien erweisen sich als nicht zulänglich und müssen deshalb durch vollkommenere ersetzt werden. Um dies zu erreichen, konstruiert der Theoretiker in seiner Vorstellungskraft ein Netzwerk aus den bisher bekannten Begriffen und Prinzipien, benützt dabei die verschiedensten Analogieschlüsse, sehr oft kommen auch geometrisch-symbolische Gebilde als nichtmaterielle Modelle zur Anwendung. Dieses Netzwerk soll nun alle Einzelgegenstände in sich beinhalten. Infolge unserer durch immer neu auftretenden Gegenstände sich ergebende Unwissenheit treten nun in einem derartigen Gebilde Lücken auf. Ist das Netzwerk gut aufgebaut, dann ist die der Unwissenheit entspringende Lücke verhältnismäßig klein und der induktive Sprung intuitiver Natur hat durch die Erfassung eines neuen Prinzipes diese Lücke einfach auszufüllen. Je kleiner die Lücke der Unwissenheit ist, je dichter also das Netzwerk der bisherigen Kenntnisse ist, desto leichter werden wir den induktiven Sprung zum neuen Prinzip durchzuführen imstande sein. In diesem praktischen Sinne können wir also von einer induktiven Methode sprechen. Sie ist also eine ungefähre methodische Anleitung, eine lückenhafte Anleitung zum logischen Aufstieg zu einem höheren Ordnungs- und Erkenntnisprinzip. Dabei zeigen die nacheinander auf diesem Wege auftretenden Prinzipien eine aufsteigende Linie, indem jedes neu erfaßte Prinzip die vorhergehenden im wesentlichen als Spezialfall umfaßt. Dieses netzartige, systematische, wenn auch lückenhafte Ausgehen nach einem neuen höheren Prinzipie entbehrt tatsächlich nicht einer Ähnlichkeit mit einem sicheren metho-

dischen Prinzip, sodaß wir die praktische Definition annehmen können, die eher eine beschreibende Charakteristik als eine Begriffsanalyse darstellt und besagt: *Die induktive Methode besteht in der intuitiven Erfassung eines Prinzipes, welches die Schließung einer logischen Lücke bewirkt, die das aus Analogieschlüssen und symbolisch-geometrischen Relationsbildern gewobene, begriffliche Netzwerk des unabgeschlossenen physikalischen Erkenntnisprozesses aufweist.*

Der Physiker dürfte mit dieser praktischen Definition zufrieden sein, denn sie sagt ihm, daß die induktive Methode ein ganz nützliches Mittel zur Erwerbung neuer Kenntnisse sei. Den Philosophen wird sie nicht befriedigen können. Dieser wird eher in dem methodischen Verhalten der Induktion den logischen Kern suchen. Wir müssen hier unterscheiden zwischen dem Aufbau des Netzwerkes des unabgeschlossenen physikalischen Erkenntnisprozesses und der Erfassung des neuen Prinzipes. Das Netzwerk ist das Abbild der logischen Analyse der vorliegenden Einzelgegenstände der Wissenschaft sowie ihrer gegenseitigen Relationen. Alles, was logisch erfaßbar ist, kommt in dem Netzwerk zum Ausdruck. Die Unabgeschlossenheit der Wissenschaft führt nun zu einer Lücke im Netzwerk und diese Lücke wird im allgemeinen logisch kaum analysierbar sein. Der Weg der Analyse hat in der Lücke kein Mittel, etwas weiter aufzudecken. « Ob man auf diesem Wege je eine Wahrheit entdeckt hat, oder ob dies durch Intuition geschehen ist, so daß bloß die Begründung der logischen Analyse vorbehalten blieb, mag hier dahingestellt bleiben », meint in seiner Abhandlung über den analytischen Wert des Gottesbegriffes *Horváth* zu unserer Problematik¹. Für die physikalische Forschung sind wir vom intuitiven Kern der induktiven Methode voll überzeugt. « Jedenfalls ist eine wissenschaftliche Begründung der Wahrheit ohne dieselbe (die logische Analyse) nicht möglich, weil die Denkbarekeit und die Anordnung nach logischen Schemata hier vor sich geht, und somit die Annehmbarkeit nach den allgemeinen Gesetzen des menschlichen Denkens auf diesem Wege der Analyse gestaltet wird. »¹ Durch diesen Ausspruch *Horváths* finden wir die Wichtigkeit des logischen Netzwerkes bestätigt, das die Begründung der bisherigen Wahrheiten zur Voraussetzung hat und die Begründung der neu zu erfassenden Wahrheiten vorzubereiten und mit Hilfe des neu erfaßten Prinzipes dann auch durchzuführen hat.

¹ *Divus Thomas* 18 (1940) 451.

Wir gelangen also zu folgendem philosophischem Urteil : *Die induktive Methode ist die Verbindung der logischen Analyse gegebener Wahrheiten mit der intuitiven Erfassung einer höheren Wahrheit zu einer höheren logischen Gesamtheit.*

In der Physik gehören zu den gegebenen Wahrheiten die Einzelgegenstände, ihre gegenseitigen Relationen und die sich aus ihnen ergebenden Prinzipien, die höhere Wahrheit ist das neue höhere Prinzip, so daß für die Physik der Satz gilt : *Die induktive Methode der Physik ist die Verbindung der logischen Analyse der Einzelgegenstände, ihrer gegenseitigen Relationen und der sie ordnenden Prinzipien mit der intuitiven Erfassung eines neuen höheren Prinzipes zur Verwirklichung einer höheren logischen Gesamtheit.*

13. Die mathematische Methode der modernen Physik

Vom Experiment aufsteigend, konstruiert die theoretische Physik mit Hilfe der induktiven Methode das logische Netzwerk. Das formale Mittel zum Aufbau des logischen Netzwerkes liefert die mathematische Methode. Vom Standpunkte der modernen Physik ist die Mathematik ein unentbehrliches Hilfsmittel, daß ohne Zweifel sehr große Vorteile bietet. Vor allem ist es die Einführung der Zahl in jedes Experiment und damit in jeden Einzelgegenstand der Physik. Die Zahl als Ausdruck der akzidentellen Schale der Quantität ist bei jedem Einzelgegenstand berechtigt. Im allgemeinen liefert sogar ein Naturobjekt eine ganze Reihe quantitativer Maßzahlen, die dann zu einem Gegenstand zusammengefaßt werden können. Philosophisch sollten wir erwarten, daß die das individuelle Naturobjekt charakterisierenden Maßzahlen zu einem Einzelgegenstand zusammengefaßt werden *müssen*, die mathematische Methode als solche kennt diese Forderung nicht. Was der Mathematik als zusammengehörig vorgelegt wird, das verarbeitet sie. Oft sind es bloß einzelne herausgegriffene Zahlangaben, die in der mathematischen Methode das ganze Naturobjekt vertreten. Den Einzelgegenstand der mathematischen Methode bildet in der Regel ein Zahlenbündel, wie A. S. Eddington sich zutreffend ausdrückt¹. Alles, was in der akzidentellen Schalenstruktur durch das Experiment aufweisbar wird, verwandelt sich in der mathematischen Methode zur Zahl. Anders

¹ A. S. Eddington, Das Weltbild der Physik und ein Versuch seiner philosophischen Deutung, Deutsch, Braunschweig 1931.

als durch die Zahl kann die mathematische Methode den Gegenstand der Physik nicht erfassen. Diese Feststellung mutet wahrhaft trostlos an. Trostlos nicht nur für den Philosophen, trostlos auch für den Experimentator, dem seine anschauliche Schalenstruktur zusammenschmelzen droht. Der mathematische Physiker arbeitet dessen ungeachtet und unbeirrt an seiner Theorie weiter. Und mit Recht. Vorerst kann er das experimentelle Zahlenmaterial gar nicht anders verwerten als durch saubere mathematische Arbeit, dann aber auch deshalb, weil die mathematische Methode in sich eine Wahrheit verbirgt, die theoretisch in der Physik verschieden ausgesprochen wird, philosophisch aber wahrscheinlich bisher so gut wie unbeachtet geblieben ist. Wir sind Zeugen der größten Erfolge der mathematischen Methode in der Physik. Diese Erfolge wären undenkbar, wenn uns die Physik mit ihrer rechnerischen Methode jeden Zusammenhanges mit dem Naturobjekte berauben würde, der nicht gerade Quantität ist. Wir erfassen in der quantitativen Bearbeitung der physikalischen Gegenstände auf irgendeine Weise mehr als die dem Naturobjekt anhaftende Zahl. Diese bei Betrachtung der Erfolge der mathematischen Methode sich aufdrängende Vermutung läßt sich auf philosophischem Wege als eine Tatsache bekräftigen.

Vor allem ist es nicht ganz richtig zu behaupten, daß das quantitativ angelegte Experiment gleich eine Zahl liefert. Streng beurteilt, liefert jedes Experiment eine Qualität, eine qualitative Sinneserkenntnis, z. B. einen leuchtenden Punkt, eine leuchtende Linie, eine Übereinstimmung zweier Striche, und diesen Qualitäten ordnet der Experimentator nach einem Maßstab erst bestimmte Zahlen zu. Die Gesamtheit der experimentell festgestellten Zahlen ist also in einem bestimmten Zusammenhang mit der Qualität, zum Beispiel mit der Struktur des beobachteten Naturobjektes. Das Experiment liefert keineswegs ein zufälliges Zahlenbündel, sondern ein ganz bestimmtes, der Qualität irgendwie entsprechendes Zahlenbündel. In dem Zahlenbündel ist die qualitative Struktur des Einzelgegenstandes irgendwie verborgen. Dieses «irgendwie» aufzudecken, ist die Aufgabe der mathematischen Methode.

Es zeigt sich nämlich, daß die Zahlen des Zahlenbündels in bestimmter Reihenfolge nacheinander, manchmal wieder nebeneinander erscheinen. Den Zusammenhang dieser verschiedentlichen Reihenfolgen der einzelnen Zahlen oder auch ganzer Zahlengruppen drückt die Mathematik bekanntlich durch Funktionen aus. Die Funktion drückt also die gegenseitige Ordnung der experimentell gelieferten Zahlen aus. Diese gegenseitige Ordnung kommt in der Funktion durch die Art und

die Gestaltung der Funktion zum Ausdruck. Es kann sich zum Beispiel um eine lineare Ordnung zwischen den Zahlen handeln, sodaß der mathematische Ausdruck eine lineare Funktion ist, ein anderes Mal eine quadratische Funktion, dann wieder eine Kugelfunktion und viele viele andere. Diese verschiedenen Arten von Funktionen bilden aber erst eine grobe Charakteristik der experimentellen Zahlenzusammenhänge. Eine lineare Funktion kann wiederum verschiedene Konstanten haben und je nach der Größe der einzelnen Konstanten sowie ihres gegenseitigen Verhältnisses hat die lineare Funktion eine verschiedene Form. Diese Form ist ein Ausdruck der Reihenstruktur der einzelnen experimentellen Zahlen, also eine der Quantität aufgepfropfte Qualität. Es herrscht hier das Verhältnis von Materie und Form vor: die einzelnen Zahlengrößen stellen die Materie dar, die akzidentelle Form, die diese Materie erfaßt, die ihr eine bestimmte Struktur aufdrückt, ist die Form der mathematischen Funktion. Durch die Form der mathematischen Funktion kommt so, wenn nicht das gesamte, so doch zu einem gewissen Teile das Verhältnis von qualitativer Schale zur quantitativen Schale zum Ausdruck. In den quantitativen Größen ist überhaupt kein anderes Ordnungsprinzip enthalten als eben die der Quantität übergeordnete Schale der qualitativen Struktur.

Der sinnfällige Ausdruck der in der Form einer mathematischen Funktion enthaltenen Struktur ist ihre Abbildbarkeit, die Möglichkeit ihrer graphischen Darstellung. Die Figur der mathematischen Funktion drückt in einer ganz bestimmten Weise die qualitative Struktur der quantitativen Unterlage aus. Gleichzeitig ist aber die Figur als ein Ausdruck der Qualität der Schlüssel zur thomistischen Lösung des Inhaltes der mathematischen Methode. Denn im Buche der Physik heißt es ausdrücklich, daß die Figur unter allen Qualitäten am meisten der substantiellen Form entspricht, *inter omnes qualitates figurae maximae consequuntur et demonstrant speciem rerum*¹. Demonstrieren, vor Augen führen, das Wesentliche an dem physikalischen Gegenstande vor Augen führen, das ist die eigentliche Aufgabe der Figur in der Physik. Und die Figur ist ausgesprochen eine *qualitas circa quantitatem*², eine die Quantität ordnende, die Quantität umschließende Seinsweise. Sie steht also als Qualität in einem eindeutigen Verhältnis zur Quantität, also kurz ausgedrückt in einem eindeutigen Schalenverhältnis. Gleichzeitig hat aber die Figur als Qualität eine innige

¹ VII Phys. 1. 5, n. 5.

² Phys. 1. c.

Beziehung zur substantiellen Form, ebenso wie die Quantität zur sinnlich nicht wahrnehmbaren Materie: *et hoc ideo, quia sicut quantitas propinquissime se habet ad substantiam inter alia accidentia, ita figura, qui est qualitas circa quantitatem, propinquissime se habet ad formam substantiae*¹. Diese zwei Verhältnisse Quantität zur materiellen Substanz auf der einen Seite und Qualität zur substantiellen Form auf der anderen Seite sind beides Schalen-Kernverhältnisse. Daraus folgt aber unmittelbar, daß das Schalenverhältnis Quantität zur Qualität eine Analogie des Kernverhältnisses Materie zur Form ist. Also kann die moderne Physik durch Darstellung des Schalenverhältnisses «Figur: Quantität», das ihr infolge der experimentellen Methode direkt unzugängliche Kernverhältnis «Materie: Form» analog zum Ausdruck bringen. *Die Figur der mathematischen Funktion ist also ein Analogiebild des Kernverhältnisses von Form und Materie.*

Durch dieses aus der mathematischen Methode sich ergebende reale Verhältnis wird die moderne Physik unbewußt zu einer mit dem Seinskern methodisch verbundenen Wissenschaft, die sich infolgedessen als eine akzidentelle Analogie der alten, wesentlich auf der Kern-Schalen-Struktur aufgebauten Physik erweist. Hieraus ergibt sich also folgende Charakteristik der mathematischen Methode:

Die mathematische Methode der modernen Physik erfaßt in Bearbeitung der experimentellen Zahlenergebnisse das gegenseitige Verhältnis der Quantität zu den übrigen Akzidenzienschalen des behandelten physikalischen Gegenstandes und stellt so den analogen Zusammenhang zwischen dem akzidentellen Schalenbereich und dem infolge der experimentellen Methode nicht direkt zugänglichen substantiellen Kernbereich unbewußt her.

14. Das Subjekt der modernen Physik

a) Die drei charakteristischen Methoden der modernen Physik finden ihre einheitliche gegenseitige Einstellung erst unter dem Gesichtspunkte des Subjektes dieser Wissenschaft. Allerdings würde uns der Physiker heute kaum verstehen, wenn wir ihn nach dem Subjekte der Physik fragen würden. Sicherlich könnten wir ihm erklären, daß es sich hier um die letzte Erkenntnisquelle handelt, welche als Prinzip sich alle Einzelerkenntnisse unterordnet. Darauf würde uns der Physiker auf eine der grundlegenden mathematischen Gleichungen verweisen, die in

¹ Phys. I. c.

einer bestimmten Theorie eine solche Stellung haben, daß aus ihnen alle anderen mathematischen Beziehungen abgeleitet werden. In der Quantentheorie können wir z. B. die Schrödinger-Gleichung als eine derartig grundlegende Beziehung ansehen. Es liegt im Wesen der mathematischen Darstellung, daß ebensogut eine andere wichtige Beziehung zur Grundlage genommen werden kann und daß aus dieser alle anderen Beziehungen mathematisch abgeleitet werden. Daß diese Antwort vom philosophischen Standpunkte aus nicht befriedigt, ist begreiflich, nichtsdestoweniger ist sie ein Fingerzeig, daß wir ohne Berücksichtigung der Rolle der Mathematik weder die logische Struktur der modernen Physik erfassen können, noch das Subjekt als den obersten Träger dieser logischen Struktur.

Natürlich ist der logische Standpunkt nicht der einzig maßgebende für die Frage nach dem Subjekte der Wissenschaft. Wir können nämlich das Subjekt selbst von zwei verschiedenen Seiten her beurteilen. Die eine Möglichkeit ist der Gesichtspunkt des höchsten logischen Begriffes, der « bloß in der Eigenschaft eines logischen Trägers auftritt und die verschiedenen Teilaussagen vereinigt »¹, wie sich *Horváth* ausdrückt. « Das Subjekt vermag auf dieser Stufe von der Ordnung oder dem Grade der Seinszugehörigkeit der einzelnen Züge noch keinen Aufschluß zu geben. » Auf diesem Standpunkte stehen vor allem die ausschließlich mathematisch denkenden theoretischen Physiker. Für sie ist die ganze theoretische Physik bloß ein logisch-mathematisches Gebäude, das aus verschiedenen Teilaussagen besteht, die dann in einer bestimmten mathematischen Relation als ihrem Träger gipfeln. Für den Experimentalphysiker hingegen und für den experimental wohl geschulten Theoretiker ist das mathematisch-logische Gebäude bloß die eine Seite der Theorie, eine wichtige und notwendige, aber das eigentliche Interesse gilt dem Seinsinhalt des mathematischen Systems oder der inhaltlichen Interpretation, wie sich der Physiker auszudrücken pflegt. Diese Interpretation ist vom philosophischen Standpunkte aus eine Synthese, ein Hineintragen des Inhaltes in die leeren logischen und im Falle der mathematischen Physik in die leeren logisch-mathematischen Begriffe. « Durch die Synthese ist alles Wissenswerte über einen Gegenstand gleichsam in den Begriff desselben hineingetragen worden. »² « Wenn es sich um eine unvollkommene Ganzheit handelt, oder wenn

¹ Divus Thomas 18 (1940) 449.

² l. c. 455.

der Wesenszug das Ergebnis einer Verstandessynthese, der Bildung eines inhaltreichen Begriffes aus dessen Inhaltsleere ist, dann erhält dieses synthetische Merkmal durch die Teilsichten einen solchen Reichtum, daß es als Seins- oder Erkenntnisgrund aller Eigenschaften und Erscheinungen auf dem ganzen Gebiet gelten muß, das die reale, inhaltliche Allgemeinheit des Begriffes umfaßt.»¹ Nicht alle Physiker wird diese tiefgehende Charakteristik der physikalischen Interpretation interessieren. Es gibt Physiker, die die Ansicht vertreten, daß bloß das Endergebnis der mathematischen Theorie inhaltlich interpretiert werden solle, nicht aber die einzelnen Teilergebnisse. Andere Physiker wieder verlangen, daß ausschließlich das Experiment inhaltlich ausgelegt werden solle und im Ergebnis der Theorie wieder bloß diejenigen Maßzahlen, die experimentell nachprüfbar sind. Es gibt aber auch Physiker, die in jeder physikalischen Konstante charakteristische Züge der Natur zu sehen geneigt sind. Der philosophisch eingestellte Physiker wird entschieden mit uns den vollen Seinsinhalt der mathematischen Theorien zu ergründen suchen.

Wenn die mathematischen Theorien der Physik rein logische Systeme wären, wäre die Interpretation eine philosophisch durchsichtige Aufgabe. Die mathematischen Theorien haben nun tatsächlich etwas mit logischen Systemen gemein. Aber ausgesprochene Systeme sind es nicht, deduktive Systeme, die von einer höchsten Beziehung ausgehen, die man dann mit dem Subjekt der Wissenschaft in Zusammenhang bringen könnte. Die Theorien sind nämlich in der Regel von zusätzlichen Voraussetzungen durchsetzt, die den einheitlichen logischen Aufbau einigermaßen stören. Ein zweiter Umstand, der die mathematischen Theorien von einem logischen System unterscheidet, ist eben die Beschränkung auf die Quantität; es sind nicht logische Systeme, sondern mathematisch-logische Systeme. Dadurch ist jede Interpretation auf die Quantität und die damit zusammenhängenden Akzidentien beschränkt. Folgerichtig dürfen wir bei der seinsinhaltlichen Interpretation das Akzidentiengebiet nicht überschreiten. Und das für uns bloß über die mathematische Methode erreichbare Subjekt der Physik ist infolgedessen auch auf das akzidentelle Gebiet herabgedrückt. Auf welche Weise nun mathematische Theorie und Subjekt der Wissenschaft sich gegenseitig beeinflussen, wollen wir im folgenden Abschnitte b) noch kurz erörtern.

¹ l. c. 455.

b) Das Material der Maßzahlen und Strukturen liefert, wie wir wissen, der Experimentalphysiker. Bevor dieser aber ein Experiment durchführt, muß er bereits wissen, was er eingehend erkennen will. Der Fall, wo es sich um Erhärtung bekannter Ergebnisse durch Wiederholung bereits durchgeführter Experimente handelt, birgt kaum etwas Neues, wenn wir von der Überraschung eines negativen Erfolges absehen. Ein erstmalig durchgeführtes Experiment betritt Neuland. Dennoch muß ein Wegweiser vorhanden sein, der gerade dieses Experiment und nicht ein anderes fordert. Dieser Wegweiser ist auf der niedersten Stufe die Erweiterung einer Regel, bei weiterer Entwicklung die Erweiterung eines Teilprinzipes und auf der höchsten Entwicklungsstufe einer Theorie die Erfassung des höchsten quantitativen oder Strukturprinzipes. Immer aber bestimmt das vorbereitete Experiment ein wenn auch nicht voll erkanntes Prinzip im Vorhinein. Im fortgeschrittensten Falle bestimmt sogar ein noch völlig unbekanntes, aber aus verschiedenen Erfahrungen vorgeahntes Prinzip die experimentelle Tätigkeit. Derzeit ist z. B. die experimentelle Durchdringung des Atomkernes in allen physikalischen Laboratorien der Welt im Gange, ohne daß ein den Aufbau des Atomkernes bestimmendes Prinzip bekannt wäre; die Physiker wissen aber, daß es ein derartiges Prinzip geben müsse. So geht der Erkenntnisgrund einer bestimmten Erkenntnisstufe der physikalischen Theorie immer dem Experimente voran. Je nach dem Ergebnisse des Experimentes muß dann das Prinzip selbst vervollkommen werden, der Theoretiker gibt zu, daß er es bisher nicht vollkommen durchschaut habe. Manchmal erweist es sich notwendig, das Prinzip zu verallgemeinern; das ist sehr oft und zwar immer dann der Fall, wenn das experimentelle Material an Mannigfaltigkeit zunimmt. Das bisherige Prinzip wird als bloßer Spezialfall erkannt, und wird deshalb in ein allgemeineres Prinzip eingebaut. In einem neuen Gebiet, wie in dem erwähnten Gebiete des Atomkernes, geht es allem Anscheine nach um die Formulierung eines gänzlich neuen Prinzipes. Weder das ganz neue Prinzip, noch die Verallgemeinerung des bekannten allzuengen Prinzipes kann nun durch die mathematische Methode als solche bewerkstelligt werden. Es gibt kein mathematisches Verallgemeinerungsprinzip, das dem erwähnten thomistischen Verallgemeinerungsprinzip entsprechen würde. Ebenso gibt es kein mathematisches Induktionsprinzip, das neue Beziehungen zu Tage fördern könnte. Die mathematische Induktion von n auf $n + 1$ setzt voraus, daß wir die allgemeine Fassung für die Zahl n glücklich erraten haben, und hat

außerdem die natürliche Zahlenreihe als homogene Unterlage vor sich. Die Physik kennt die allgemeine Fassung noch weniger als die Mathematik, muß sie also intuitiv erfassen, auch hat sie nicht die Gewähr, daß allgemeine Gültigkeit hat, was in hundert abgeänderten Experimenten sich bewährt, da die nächsten hundert Experimente abgeänderte Forderungen stellen können. Wir haben bereits darüber gesprochen, daß diesen Experimentalergebnissen notwendig die Anwendung der induktiven Methode mit ihrem intuitiven Einschlag folgt. Es beginnt ein Raten und Versuchen, ob dieser oder jener Einfall, diese oder jene Fassung das gesuchte Prinzip darstellt. Von der Anwendung dieser Methode merken wir in den schriftlichen Arbeiten, die in der Fachliteratur erscheinen, wenig. Ihre Wirkstätte ist die Studierstube des Forschers sowie die Arbeitsgemeinschaft gleichgesinnter Fachkollegen, die sich in Gesprächen und Briefen über dieses Entwicklungsstadium eines physikalischen Prinzipes unterhalten. Erst wenn der gesegnete Einfall des Theoretikers einen geeigneten Ansatz für seine Rechenmaschinerie gefunden hat, kann er mit seiner Arbeit beginnen. Ein klassisches Beispiel eines solchen gesegneten Einfalles ist die Formulierung des sogenannten Komplementaritätsprinzipes durch *Niels Bohr*, dessen Auswirkungen im gewissen Sinne bis zum heutigen Entwicklungsstadium der Quantenphysik, also bereits volle dreißig Jahre, nicht endgültig abgeschlossen sind. Eine derartig intuitive Erfassung eines neuen Prinzipes kann aber nicht ohne weiters als das oberste Erkenntnisprinzip der Physik oder der Theorie anerkannt werden. Hier muß die mathematische Methode einsetzen und ein einheitliches Gebäude in mathematisch-logischer Konsequenz schaffen. Erst diese mathematisch-logische Durcharbeitung läßt erkennen, welche Relation als oberstes Prinzip anerkannt werden kann. Dies ist vom logischen Standpunkte aus begreiflich, auch in der Philosophie muß die logische Analyse, wie wir bereits festgestellt haben, zuerst abgeschlossen werden, damit wir den allgemeinsten logischen Begriff des behandelten Systems als Träger aller Teilaussagen feststellen können. Daß wir diesen allgemeinsten logischen Begriff erst als letzten erfassen, ist ein Beweis dafür, daß er als oberstes Prinzip schon auf die formale Arbeit der ganzen Theorie bestimmend einwirkt. Für die Physik ist dieses oberste Prinzip die allgemeinste Relation einer Theorie, aus der alle Einzelaussagen abgeleitet werden können. Diese letzte Formel stellt als Träger aller logischen Beziehungen der mathematischen Theorie das Subjekt der Physik in seiner formal-logischen Stellung dar. So wie die ganze mathematische

Theorie logisch leere Begriffe benützt, so ist auch die oberste Relation der Theorie inhaltsleer. Erst durch die inhaltliche Interpretation wird alles Wissenswerte in die leeren Begriffe hineingetragen, auch in die oberste logische Beziehung, die so zum Subjekt der Physik auch vom Seinsinhaltlichen Standpunkte wird.

Wir sollten jetzt fragen, welches derzeit diese höchste Formel ist, etwa die Schrödinger-Gleichung oder die Heisenberg'sche Ungenauigkeitsrelation? Der Physiker wird uns hier nur bedingt zustimmen wollen. Vorläufig, wird er uns sagen, aber nicht definitiv. Denn die Experimentalphysik liefert Ergebnisse, die schon heute nicht mit der letzten Fassung der Quantentheorie gedeutet werden können. Abgesehen vom Fragenkomplex der Kernphysik, die noch nicht einmal experimentell genügend durchgebildet ist¹ und erst ihrer theoretischen Bearbeitung harret, fehlt der innere Zusammenhang zwischen den Grundlagen der Relativitätstheorie und den Grundlagen der Quantentheorie. Hier steht die diese beiden Gebiete verbindende Theorie und mit ihr die höchste Formel noch aus. Das mathematische Gebäude der theoretischen Physik ist also zumindest noch nicht fertig. Hier werden wir also vergebens Ausschau halten nach einer obersten mathematischen Weltformel der anorganischen Natur. Die Überzeugung, etwas Derartiges bereits erreicht zu haben, begleitet jede erfolgreiche Theorie, und es ist noch in guter historischer Erinnerung, wie der La Placesche Dämon mit dem Formelsystem der klassischen Physik etwas Derartiges zu leisten vorgab. Er meinte, bloß alle notwendigen Experimental-Zahlangaben richtig einsetzen zu brauchen, um mit Hilfe der klassischen Physik des elektromagnetischen Feldes das anorganische Weltgeschehen restlos erklären und voraussagen zu können. Der Fehler war nicht so sehr in der unerfüllbaren Forderung, alle notwendigen Meßergebnisse haben zu wollen, sondern in der Überzeugung, daß die logische Struktur der klassischen Physik der Seinsstruktur der anorganischen Natur entspräche. Die Natur hat in ihren Objekten gezeigt, daß das deterministische Gewand der klassischen Differentialgleichungen nur als grober Umwurf für Ausmaße der dem unbewaffneten Auge zugänglichen Naturobjekte geeignet ist, daß aber in der atomaren Kleinwelt eine neue Gesetzmäßigkeit die Seinsstruktur widerspiegelt, das statistische Naturgesetz. Eine neue mathematische Formelwelt mußte in der Quantentheorie an die Stelle

¹ Vgl. « Fundamental Problems in Modern Physics », besonders die Ausführungen Prof. R. E. Peierls, Nature 159 (1947) 117.

der klassischen treten. Aber auch diese ist nicht imstande, die Relativitätstheorie als Ausläufer der klassischen Physik sich unterzuordnen. Und wenn auch diese Synthese zwischen Relativitätstheorie und Quantentheorie gelänge und es wäre dies ein umwälzendes Ereignis in der Entwicklung der Physik, hätten wir dann die Gewähr, daß das Experiment und die Intuition der Forscher in Verfolgung der Konsequenzen der geltenden Theorie nicht wieder mit neuen Gesichtspunkten aufwarten werden, und daß dann die ganze mathematische Arbeit von vorne beginnt? Mit anderen Worten, können wir bei den vorherrschenden Methoden der modernen Physik von der Theorie eine endliche, abschließende logische Formulierung des Subjektes der Physik erwarten?

c) Wir müssen diese Frage mit einem klaren Nein beantworten. Vor allem deshalb, weil das Experiment immer wieder neue Teilfragen aufwerfen kann, die sich unter Umständen zu umwälzenden Änderungen der bestehenden Theorie auswirken. Der zweite Grund ist der, daß die mathematische Theorie als System in der Formulierung der allgemeinsten Relation nicht eindeutig ist. Es ist eine rein formale Frage, welche Relation als oberste angenommen wird und welche als abgeleitete erscheinen. So kann es in einer Theorie vorkommen, daß sie formal verschieden darstellbar ist, wobei jedesmal eine andere Relation als oberste figuriert. Der dritte Grund ist der schwerwiegendste; wir können ihn die Unabschließbarkeit der Physik nennen. Er hängt aufs engste mit der Frage nach dem Subjekte dieser Wissenschaft zusammen. Den angewandten Methoden entsprechend können in der Physik bloß die akzidentellen Seinsweisen behandelt werden, das aber sind zufällige Seinsweisen, die in unermeßlichen Variationen die substantielle Seinsstruktur sinnlich vor Augen bringen. Für eine Weltformel fordern wir Prinzipien, die über den Zufälligkeiten der Akzidenzienprinzipien stehen, also eine Weltformel in mathematischem Gewande, die das akzidentelle Gebiet der Mathematik überragt, was natürlich ein Widerspruch ist.

Wir gelangen also vom philosophischen Standpunkte aus zur Erkenntnis, daß die Ausschließlichkeit der experimentellen Methode und ihrer Auswertung ausschließlich durch die mathematische Methode zu einer prinzipiellen Unabschließbarkeit der theoretischen Physik führt. Vergebens werden wir also nach dem letzten logischen Träger in Form einer obersten mathematischen Relation fragen, vergebens werden wir auf diesem Wege den obersten leeren Begriff suchen, dessen inhaltliche Auffüllung uns das Subjekt dieser Wissenschaft liefern würde.

Wenn wir nun trotz dieser philosophisch sich äußerst schwierig auswirkenden Erkenntnis das Subjekt der Physik dennoch feststellen wollen, kann dies nur dadurch geschehen, daß wir durch eine Verallgemeinerungsoperation aus allen denkbaren Ergebnissen der beiden beengenden Methoden, der experimentellen und der mathematischen, die Tragweite der Physik ermessen. Experimentell kann bloß eine Akzidenzienangabe zu Tage treten. Mathematisch muß eine solche Angabe noch auf die mathematische Größe zurückgeführt oder ihr zugeordnet werden. Die mathematische Theorie kann dann bestenfalls zu einem Formelsystem gelangen, welches Akzidenzienrelationen zum Ausdruck bringt. *Der jeweilige oberste logische Träger der die Physik beherrschenden Theorie muß also immer ein Akzidenzienrelationenbündel sein. Der Begriff des Akzidenzienrelationenbündels ist somit das Subjekt der modernen Physik in formaler Auffassung.*

Seinsinhaltlich ist hier eine einzige Auffüllung möglich durch die akzidentiellen Seinsweisen, die natürlich ohne die substantielle Seinsweise keine Einheit darstellen, die aber durch die unabgeschlossene Physik jeweils zu einem Bündel, einer zufälligen Gesamtheit zusammengezogen werden. *Aus diesem Grunde können wir seinsinhaltlich der modernen, unabgeschlossenen Physik mit ihrer ausschließlich experimentellen und mathematischen Methode einzig den philosophisch unabgeschlossenen Begriff des beweglichen akzidentellen Seins als ihr Subjekt zuordnen.*

15. Der Weg zu einer allgemeinen Physik

In Anbetracht der Erkenntnis, daß die moderne Physik in ihrem Subjekte unbewußt auf einem unabgeschlossenen Begriffe ihre Theorien aufbaut und dadurch zu einer prinzipiell unabschließbaren Wissenschaft wird, ist die Forderung nach einem vollkommeneren, abschließenden Subjekte das einzig richtige Vorgehen. Das bedeutet natürlich einen Umbau der ganzen Wissenschaft. Bevor wir nun daran gehen, die Grundzüge eines Umbaues dieser unabgeschlossenen und unabschließbaren Wissenschaft in eine abschließbare anzudeuten, müssen wir uns noch einmal klar vergegenwärtigen, wie geartet das Seinsgebilde ist, das der Philosophie vorschwebt und von dem ausgehend sie zur Kritik des Subjektes der bisherigen Physik gelangt ist. Nur so wird der Physiker die Reichweite des Entschlusses zu überblicken vermögen, die Physik nach dem Vorschlag der Philosophie umzubauen.

Wir haben schon gehört, daß jedes Naturobjekt von der Philosophie als ein Seinsgebilde aufgefaßt wird, welches in bildlicher Ausdrucksweise einen substantiellen Kern und mehrere akzidentelle Schalen besitzt. Der substantielle Kern ist wiederum nicht einfach, sondern ist durch das Verhältnis von Form und Materie gegeben. Die Materie selbst ist als solche der Sinneserkenntnis unzugänglich, sie bildet bloß die Unterlage für die substantielle Form, welche die eigentliche Natur des Naturobjektes darstellt. Diese Form, der Materie aufgedrückt, gibt dem Naturobjekt erst seinen ganz bestimmten Charakter, durch die Form wird das Naturobjekt zu dem, was es ist und nicht zu etwas anderem. Diese Form besteht an und für sich selbständig nicht, sie wirkt sich ausschließlich an der Materie aus. Dieses enge gegenseitige Verhältnis von Form und Materie ist der Inhalt eines in sich gewissermaßen abgeschlossenen Bereiches, den wir als Substanz, bildlich als substantiellen Kern bezeichnen. Erst der Verstand dringt zu der Form vor und erkennt dadurch, daß er sie in sich aufnimmt. Dennoch haben wir bereits bei der Besprechung der mathematischen Methode der modernen Physik die gegenseitige Verwandtschaft zwischen dem Kernverhältnis « Form : Materie » und dem Verhältnis « Qualität : Quantität » kennen gelernt. Die Form der mathematischen Funktion mit ihrer Figur war uns der Wegweiser, auf den der Aquinate selbst in der Physik hinwies. Es ergab sich in diesem speziellen Falle der mathematischen Methode, daß wir es hier mit einem Analogieverhältnisse zu tun haben, welches die Form zur Materie in ein verwandtes Verhältnis bringt mit dem Verhältnis zwischen Qualität und Quantität. Diese Analogie finden wir aber ganz allgemein bei Thomas ausgesprochen, so z. B., wenn er die Quantität als die Disposition der Materie im eigentlichen Sinne bezeichnet, *quantitas proprie est dispositio materiae*, von der Qualität aber, daß sie der Form folgt, *qualitas autem sequitur formam*¹. Aber noch ausdrucksvoller ist diese Argumentation im Buche der Metaphysik, wo es ausdrücklich bei der Ableitung der einzelnen Seinsweisen heißt, daß wir eine Seinsweise haben, die der Materie folgt, und dies ist die Quantität, und eine Seinsweise, die der Form folgt, und dies ist die Qualität, *praedicatum vel inest per se et absolute ut consequens materiam, et sic est quantitas : vel ut consequens formam, et sic est qualitas*². Dieses *consequens* ist ja ein noch genauerer Ausdruck als das früher zitierte *sequitur*, denn es ist eine Mitfolge, was wir entweder als ein

¹ De Pot. 9, 2.

² In V Met. 1. 9.

paralleles Mitlaufen oder als ein sehr eng gebundenes Mitfolgen auslegen können, in beiden Fällen ist wie schon früher wiederum die engste Beziehung zum Ausdruck gebracht, die sich jedesmal zwischen einem Kernelement und einem Schalenelement ergibt. Diese beiden Mitfolgen

« Quantität mitfolgt Materie »

und

« Qualität mitfolgt Form »

führen aber infolge des bekannten Verhältnisses

« Form : Materie »

notwendigerweise zu einer Mitfolge des Verhältnisses

« Qualität : Quantität »

in der Mitfolgebeziehung, die wir in einem solchen Falle Analogie nennen

« Form : Materie : = : Qualität : Quantität »,

in Worten, die Form verhält sich zur Materie analog wie die Qualität zur Quantität. So ist die Brücke geschlagen zwischen der Welt der Sinneserfahrung, dem Schalengebiet, und dem Gebiete der Verstandeserkenntnis, dem Kerngebiete, durch das Verhältnis der so definierten Analogie. Diese Beziehung ist für das materiegebundene Seinsgebilde grundlegend, weshalb wir sie einfach als *die Fundamentalanalogie des materiegebundenen Seinsgebildes* bezeichnen wollen.

Diese Fundamentalanalogie des materiegebundenen Seinsgebildes ist natürlich schon an und für sich eine Beziehung, die wir im Rahmen der bisherigen Physik nicht voll zu erfassen und auszudrücken imstande sind. Denn es ist dies keine mathematische Gleichung, keine quantitative Proportion, sondern eine allgemeine Ähnlichkeitsbeziehung, etwas in der mathematischen Physik bisher Unbekanntes, eben eine Analogie. Diese Analogie verbindet zwei voneinander eindeutig unterschiedene Gebiete, die in der formalen Darstellung durch die beiden Seiten der Analogiebeziehung zum Ausdruck kommen. Die bisherige Physik beschränkte sich ausschließlich und unbewußt auf das Schalengebiet, also auf die rechte Seite der Analogierelation. Für dieses Schalengebiet hat die Physik einen großen Reichtum an qualitativen und quantitativen Erkenntnissen auf experimentellem Wege angehäuft und durch Anwendung der Mathematik geordnet. Die theoretische Physik ist nichts anderes als ein System der verschiedensten Schalenbeziehungen oder wie wir es auch nannten, ein Akzidentienrelationsbündel. Über das Verhältnis dieser beiden Akzidentienaschen hat die bisherige Physik viele Erkenntnisse errungen, die ohne experimentelle Methode und ohne Anwendung der Mathematik nie zustande gekommen wären. Mit diesem

Reichtum an Akzidentienrelationen ist auf Grund der Fundamental-analogie gleichzeitig ein Reichtum an substantiellen Kernrelationen verbunden, welche aufzudecken nicht nur für die Physik, sondern auch für die Philosophie eine dankbare Aufgabe sein dürfte. Dieser Akzidentienreichtum muß also bei einem Umbau der Physik nicht nur erhalten werden, sondern es müssen zugleich die Voraussetzungen für einen weiteren Ausbau dieses Akzidentienmaterials geschaffen werden. Die philosophisch begründete Fundamentalanalogie selbst ist ein Beweis, daß auch die Philosophie das größte Verständnis für die Rolle der Akzidentien für die wissenschaftliche Erkenntnis hat. In diesem Sinne bewertet die Akzidentien ganz allgemein im Rahmen einer Wissenschaft, ja sogar im Rahmen der Theologie, *A. Horváth* in seiner Studie über das Subjekt der Wissenschaft, wo er ausführt: « Der letzte Kreis der kraft des Subjektes erkennbaren Gegenstände wird aus solchen Gegebenheiten gebildet, *die mit ihm bloß zufällig zusammenhängen*. Obwohl die Wissenschaft nur die notwendigen Verbindungen beachtet und bloß deren Gegenstände als ihre eigenen anerkennt, sind trotzdem solche Untersuchungen nie ohne erheblichen Nutzen. Bei der Forschung können sie geradezu ein Mittel für die Auffindung eigentlicher wissenschaftlicher Gegenstände sein. Nach den aristotelisch-thomistischen Prinzipien gehen wir von den Akzidentien aus, um zunächst ihren unmittelbaren Träger oder ihr hervorbringendes Prinzip, dann aber den substantiellen Grund zu erschließen. Daher tragen sie zur Erkenntnis des Subjektes bei. Auf dem Wege der Analyse jedoch erweitern sie den Blick des Schauenden und zeigen den Inhaltsreichtum des Subjektes, das auch für solche Gegebenheiten nicht bloß als Träger, sondern auch als Erkenntnisgrund auftreten kann. Alle derartigen Aussagen also, die mit der inneren Potentialität des Subjektes zusammenhängen, gehören zum realen Bestand der Wissenschaft und können daselbst entweder eine vorbereitende (auf dem Wege der Forschung) Bedeutung haben, oder als Folgen eine Rolle spielen, die die Trag- und Leuchtkraft des Subjektes weiter aufhellen. »¹ So stimmen philosophische Argumentation und physikalische Tradition darin überein, daß auch nach einem Umbau der Physik die Akzidentienrelationen voll bewertet werden müssen. Ihr enger Zusammenhang mit dem Kern des Seinsgebildes drängt uns aber gleichzeitig, den neuen Erkenntnisgrund kennen zu lernen, der der Physik nach ihrer Umbildung zgedacht ist. Mit anderen Worten, es drängt

¹ Divus Thomas 24 (1946) 40.

sich uns die Frage nach dem neuen Subjekte der Physik auf, welches beiden Seiten der Fundamentalanalogie zum Unterschied der bisherigen Einseitigkeit gerecht werden soll.

Das neue Subjekt muß notwendig im engsten Zusammenhang mit der Fundamentalanalogie stehen. Denn die Fundamentalanalogie ist ja selbst ein Erkenntnisprinzip der zu bildenden Wissenschaft, da sie uns die begriffliche Struktur des Seinsgebildes eines jeden Naturobjektes vermittelt. Wir können auch das bisherige Subjekt der Physik an dieser Analogie aufweisen. Es ist dies das bewegliche Sein des durch die rechte, also akzidentelle Seite dargestellten Seinsgebildes, kurz das bewegliche akzidentelle Sein. Dieser Subjektsbegriff erscheint nun im Rahmen der Fundamentalanalogie als unabgeschlossen, indem ihm sein Analogon auf der substantiellen linken Seite fehlt. Es wird also das Seinsgebilde auf der linken Seite, der substantielle Kern zu berücksichtigen sein, so daß dann sowohl Schale als auch Kern, also das gesamte materiegebundene Seinsgebilde in das Gesichtsfeld der Physik rückt. Es schiene also eine Lösung zu sein, das materiegebundene — oder anders ausgedrückt — das bewegliche Sein einfach zu dem Subjekte der umgebauten Physik zu machen. Gegen eine solche Lösung sprechen zwei Umstände. Vor allem sondert die Physik aus den Naturobjekten jene Prozesse ab, die als typische Lebenserscheinungen von der Biologie behandelt werden und deren substantielle Form eine Seele ist. Diesen Seelenformen stellt die Physik ihre bloß unbeseelten Formen gegenüber. Wir wissen bereits, daß es eine Wissenschaft gab, die das bewegliche Sein mit Einschluß der beseelten Formen behandelte; es war dies die alte Physik. Auch heute hat eine so allgemein aufgefaßte Wissenschaft, eine Naturphilosophie, ihre volle Berechtigung; die Physik aber trennt sich hier durch die Einengung des Subjektes auf die unbeseelte Form ab. Aber noch in einer anderen Hinsicht trennt sich die umgebaute Physik von einer allgemeinen Naturphilosophie ab. Die Physik muß nämlich auch nach ihrem Umbau imstande sein, die bisherigen Errungenschaften der Akzidenzienwelt voll auszuwerten und auszuweiten; das setzt aber voraus, daß sie immer und immer erneut das fundamentale Analogieverhältnis durchschreitet und zwar in der Richtung vom akzidentellen Seinsgebiet aufsteigend zum substantiellen, womit die induktive Methode ein festes Gerüst bekommt. Dieses immer erneute Durchschreiten der Fundamentalanalogie wird im Hinblick auf die beizubehaltende experimentelle Methode zu einem wesentlichen Gesichtspunkte der umgebauten Physik. Es muß also die Einengung des gesamten beweg-

lichen Seinsgebildes auf die unbeseelte Form noch dadurch fortgesetzt werden, daß ganz speziell die Fundamental analogie des beweglichen Seinsgebildes zum Mittelpunkt des physikalischen Interesses wird. Das bewegliche Sein soll also nur insofern zum Subjekte der umgebauten Physik werden, als es die unbeseelte Form betrifft und insofern es die durch die Fundamental analogie gekennzeichnete Konstitution hat. Dieser Übergang vom alten Subjekte des Akzidenzienbündels zu dem neuen Subjekte des auf die angedeutete Weise beschränkten beweglichen Seins ist aber das Ergebnis eines Verallgemeinerungsprozesses vom Schalengebiet auf das gesamte Seinsgebiet, Kern und Schale von einem einheitlichen Gesichtspunkte aus umfassend. Es wird also die umgebauten Physik ein verallgemeinerter Fall der bisherigen Akzidenzienphysik sein, weshalb wir sie einfach als die allgemeine Physik ansprechen wollen. Im Verhältnis zur Naturphilosophie mit ihrem noch allgemeineren Subjekte des beweglichen Seins schlechthin wird die allgemeine Physik wiederum einen bloßen Spezialfall darstellen. Wir können also das Subjekt der allgemeinen Physik definieren :

Das Subjekt der allgemeinen Physik ist das durch die Fundamental analogie gekennzeichnete, zur unbeseelten Form bewegliche Sein.

Die Formulierung des « zur unbeseelten Form beweglichen » Seins erklärt sich aus der thomistischen Auffassung der Bewegung, die immer ein Ziel hat, dieses Ziel aber ist die Form. Dadurch ist die Form bewegungsbestimmend. Da die Bewegung der allgemeinen Physik nicht zu jeder Form streben kann, wie in der allgemeinen Naturphilosophie, sondern bloß zur Nicht-seele-Form, also zur unbeseelten Form, wird dann die Ausdrucksweise der Beweglichkeit zur unbeseelten Form verständlich.

Das so erweiterte Subjekt der Physik wirkt sich notwendig auch auf die physikalischen Methoden aus. Von der induktiven Methode hörten wir schon, daß sie in der Fundamental analogie eine Brücke vorgeschlagen hat, die ihr einen wohlbegründeten Aufstieg über den bisherigen Bereich hinauf gewährt. Da der induktive Aufstieg von den sinnlich wahrnehmbaren Akzidenzien nicht nur durch die physikalische Tradition, sondern auch durch die thomistische Erkenntnislehre vorgezeichnet ist, wird auch die allgemeine Physik die induktiv aufsteigende Methode als unentbehrliches Mittel der Forschung beibehalten.

Eine ähnliche Begründung führt zur Beibehaltung der experimentellen Methode. Sie wird allerdings von neuen Gesichtspunkten geleitet werden, die sich aus dem neuen Subjekte ergeben. Das Subjekt der

Wissenschaft als letzter Erkenntnisgrund bestimmt sehr wesentlich, was experimentell behandelt wird und ganz besonders, wie dies geschieht. Hier werden ganz besonders die Zusammenhänge der Akzidenzien in ihrer Zugehörigkeit zu bestimmten einheitlichen Seinsgebilden der Naturobjekte neue Gesichtspunkte für das Experiment ergeben. Im Hinblick auf den nicht-experimentellen Aufbau der allgemeinen Naturphilosophie, die von der alltäglichen Sinneserfahrung ausgeht und seit den Zeiten Aristoteles' ihre Systematik erhalten hat, wird die experimentelle Methode ihre Ausschließlichkeit in dem Sinne rechtfertigen müssen, daß alle Sinneserfahrung, also auch die alltägliche Sinneserfahrung, in die experimentelle Methode eingehen kann, daß sie sich aber von der alltäglichen Sinneserfahrung durch ihre Systematik unterscheidet. Dieser Standpunkt war bisher deshalb nicht haltbar, weil die Akzidenzienphysik nicht alles sah und weil sie sogar die einzelnen Akzidenzien bloß vereinzelt oder unrichtig gebündelt sah. Die experimentelle Methode wird in der allgemeinen Physik der Ausdruck des grundlegenden Prinzipes der thomistischen Erkenntnislehre sein, wonach alle menschliche Erkenntnis von der Sinneserkenntnis ihren Anfang nehme, *sensus cognitio, quae est singularium, praecedit cognitionem intellectus in nobis, quae est universalium*¹.

Die wichtigste Umstellung bewirkt die Verallgemeinerung des bisherigen Subjektes der Physik in der mathematischen Methode. Sie ist gegenwärtig mehr als bloße Mathematik; sie ist die maßgebende logische Methode, denn was in der gegenwärtigen Physik nicht im Rahmen einer mathematischen Theorie ausgedrückt werden kann, gilt als unaufgeklärt. Im Rahmen einer Akzidenzienphysik, die sich auf die rechte Seite der Fundamental analogie beschränkt, ist dies auch ganz richtig. Aber die durch die Verallgemeinerung gegebene Erweiterung des zu bearbeitenden Seinsgebietes auf die linke Seite der Fundamental analogie stellt die mathematische Methode vor eine unüberschreitbare Schranke, denn im Gebiet der Substanz hat die Mathematik nichts zu sagen. Die Mathematik ist bloß dort anwendbar, wo die Quantität die dazu notwendige Unterlage bildet, und das ist bloß im Schalengebiet der Fall. Die Mathematik als solche ist hier keiner Verallgemeinerung fähig, da sie durch ihr Subjekt ausschließlich an die Größe gebunden ist. Aber die Mathematik spielt in der modernen Physik, wie schon angedeutet, noch eine andere Rolle; sie beschränkt sich nicht auf die Erfassung

¹ I Phys. 1. 1, n. 8.

der Größen, sie ordnet sie vielmehr zu einem logisch geordneten System. Dieses logische System genügt natürlich in der Akzidenzienphysik. In der allgemeinen Physik genügt es nicht mehr, aber in ihrer Eigenschaft als logisches System ist die mathematische Methode der bisherigen Physik verallgemeinerungsfähig. Wir hatten in den letzten Jahrzehnten genügend Gelegenheit, in den Studien der theoretischen Logiker die moderne Mathematik als Anwendungsgebiet einer allgemeinen logischen Methode kennen zu lernen; es sei hier bloß auf das Werk des verstorbenen Mathematikers *Hilbert* hingewiesen¹. Eine Verallgemeinerung der mathematischen Methode ist also wohl denkbar. Bei einer solchen Verallgemeinerung dürfen wir aber nicht aus dem Auge lassen, daß es der allgemeinen Physik nicht um die reine Mathematik geht, sondern um eine auf ein philosophisch streng definiertes Gebiet angewandte Mathematik. Die Verallgemeinerung der Mathematik muß daher zwei Bedingungen erfüllen.

Vor allem muß die Verallgemeinerung ein logisches System bilden, welches von der Mathematik als solcher ganz unabhängig ist. Es wäre daher vielleicht vorteilhafter, von der Konstituierung eines logischen Systems zu sprechen, das mit der Mathematik nur das gemeinsam hat, daß sich die Mathematik aus ihm formal ableiten läßt als Sonderfall einer Applikation der Logik auf die Größenbeziehungen, also auf das Gebiet der Quantität. Es genügt also keineswegs eine Logistik oder theoretische Logik, wie sie aus den Forderungen der Mathematik entsprungen sind. Diese sind zwar verallgemeinerte mathematische Systeme, die Verallgemeinerung überschreitet aber nicht die rechte Seite der Fundamental analogie, es ist also eine Verallgemeinerung im Rahmen der Akzidenzien. Nur als Anregung für den formalen Aufbau kann uns also die Logistik und theoretische Logik dienen. Es wird notwendig sein, die gesamte aristotelische Logik in Verwertung der Ergebnisse der gegenwärtigen logischen Forschung in ein formales Symbol-System zu bringen. Die Formalisierung ist zwar nicht das wesentliche Merkmal der Logik, aber ihre praktische Anwendung auf die formalisierte Mathematik wird dadurch sehr erleichtert. Ansätze zu einer Symbolik sind ja bereits bei Aristoteles zu finden, nur die konsequente Durchführung der Symbolik zu einem formalen System steht aus. *Ein solch allgemeines logisch-formales System wird dann im gesamten Seinsgebilde der Fundamental analogie zur Geltung kommen, wohingegen*

¹ *D. Hilbert und P. Bernays, Grundlagen der Mathematik, Göttingen 1934.*

dann für die rechte akzidentelle Seite der Fundamentalanalogie der Spezialfall des allgemein-logischen Systemes, nämlich das mathematisch logische System zur Anwendung kommen wird.

Daß ein aristotelisch aufgebautes logisches System in seiner Eigenschaft als mathematischer Überbau, als Metamathematik des Akzidenziengebietes ganz bestimmte Forderungen an die angewandte Mathematik stellen wird, ist begreiflich. Die moderne Mathematik wird nicht immer derartigen Anforderungen gerecht. Besonders ist dies die Auswahl des Axiomensystems der Mathematik, die in der mathematischen Forschung ganz beliebig vorgenommen werden kann. Das moderne Axiomensystem eines bestimmten mathematischen Systems ist im allgemeinen ein beliebiges quantitatives Gedankengebilde. Eine auf einem ens rationale aufgebaute Mathematik kann aber dann nicht allgemein den Dienst einer logischen Struktur des materiegebundenen Seins versehen. Die moderne Mathematik erfüllt das materielle Seinskriterium im Unterschiede zur alten Mathematik nicht. Dieses Kriterium muß aber erfüllt sein, wenn wir erwarten, daß die Mathematik in der allgemeinen Physik der adäquate Ausdruck des akzidentellen Seinsgebildes sein soll. Praktisch wird sich diese zweite Forderung an den Umbau der bisherigen mathematischen Methode dahin auswirken, daß aus der beliebig aufgebauten Mathematik diejenigen Gebiete herausgeschält werden, die sich aus dem Seinsgebilde ableiten lassen. Es werden daher bloß solche Eigenschaften und Beziehungen in die angewandte Mathematik der allgemeinen Physik aufgenommen werden können, die sich von dem Naturobjekt ableiten lassen. Allgemein werden also nicht alle Zweige der Mathematik ohne weiters auf die allgemeine Physik anwendbar sein. Um so größer wird bei dieser genau umrissenen mathematischen Methode der Wert der errechneten mathematischen Formen und Figuren für die Erkenntnis des materiegebundenen Seinsgebildes des Naturobjektes sein.

Wir können also über die aus der Verallgemeinerung des Subjektes der Physik sich ergebenden Folgerungen für die Methoden zusammenfassend folgendes sagen :

Die induktive Methode bleibt als allgemeine Forschungsmethode mit ihrem intuitiven Einschlag aufrechterhalten, die experimentelle Methode in ihrer Ausschließlichkeit als Ausgangspunkt bleibt mit Einbeziehung der Beobachtung des unbewaffneten Auges als Quelle systematischer Sinneserkenntnis bestehen, an Stelle der logisch-mathematischen Methode tritt eine allgemeine formal-logische Methode, die für das gesamte Analogiegebiet

gültig ist und deren Spezialfall für das Gebiet der Quantität die in der allgemeinen Physik angewandte Mathematik bildet.

Der Weg zu einer allgemeinen Physik und die Reichweite des Entschlusses, die bisherige Physik zu einer allgemeinen umzubauen, dürfte aus den vorliegenden Ausführungen einigermaßen klar sein. Die Durchführung dieses Umbaues, dieses Verallgemeinerungsprozesses der letzten Erkenntnisquelle der Physik mit allen sich daraus ergebenden Folgerungen, stellt große Anforderungen sowohl an die Physiker als auch an die Philosophen. Die Verwirklichung dieses Umbaues wird natürlich nicht über Nacht zustandekommen können. Es werden im methodischen Gebiete, ganz besonders im Aufbau eines allgemeinen formallogischen symbolischen Systems große Vorarbeiten durchzuführen sein. Den Physiker wird bei dieser Beschäftigung die Aussicht beseelen, daß durch die neue Fassung seine Wissenschaft gefördert wird, den Philosophen wieder das Bewußtsein, das ideale Verhältnis anzubahnen, das zu Zeiten des hl. Thomas zwischen den Naturwissenschaften und der Philosophie geherrscht hat.

Um die philosophischen Ausführungen, die wir hier an die Adresse der Physiker richten, durch ein konkretes Beispiel zu beleben, sei demnächst eine Studie über das statistische Naturgesetz vorgelegt, in der an einem offenen Problem die Auswirkung der neuen letzten Erkenntnisquelle, des Subjektes der allgemeinen Physik, zu verfolgen sein wird.