

Philosophie, Religion und moderne Physik

Autor(en): **Hennemann, Gerhard**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Studia philosophica : Schweizerische Zeitschrift für Philosophie =
Revue suisse de philosophie = Rivista svizzera della filosofia =
Swiss journal of philosophy**

Band (Jahr): **12 (1952)**

PDF erstellt am: **11.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-883342>

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, Religion und moderne Physik

von Gerhard Hennemann

Zwangsläufig ist die Kritik der absoluten *Zeit* und des euklidischen *Raumes* durch die Relativitätstheorie, die des *Kausalgesetzes* durch die Quantentheorie in ein neues Licht gerückt worden. Daraus meinen manche Naturwissenschaftler folgern zu müssen, alle echte Philosophie und damit auch Erkenntnistheorie müsse durch die Einzelwissenschaft, in diesem Falle die exakte Naturwissenschaft, hindurchgehen. In Wahrheit ist es aber gerade umgekehrt, worauf auch *Hugo Dingler* hinweist¹, daß nämlich der echte Philosoph und damit auch Erkenntnistheoretiker nicht auf der Basis der Naturwissenschaften philosophieren darf. Damit soll aber nicht gesagt werden, daß speziell die Erkenntnistheorie der Ergebnisse der Naturwissenschaft entraten soll. Im Gegenteil: sie muß diese, sofern sie vollkommen gesichert, d. h. experimentell erhärtet sind, berücksichtigen. Gerade die moderne Physik (Relativitätstheorie und Quantenmechanik) ist zu Ergebnissen gekommen, welche die Erkenntnistheorie vor ganz neue Aufgaben stellen.

Wenn in unseren Tagen über die genannten drei Begriffe *Raum*, *Zeit* und *Kausalität* heftig diskutiert wird, so rührt dies eben daher, daß neuerdings von der Physik her über diese Begriffe Aussagen gemacht worden sind, die mit den überlieferten Auffassungen nicht mehr übereinstimmen, ja im Widerspruch dazu zu stehen scheinen. Dagegen haben die Auffassungen der modernen Physik über Substanz und Materie in erkenntnistheoretischer Hinsicht nicht so umwälzend gewirkt wie die Relativitätstheorie und Quantentheorie hinsichtlich der Kategorien *Raum*, *Zeit* und *Kausalität*. so daß wir nur diese hier behandeln wollen. Erkenntnistheorie als Grundlagenforschung hat nun die Aufgabe, das Wesen des *Raumes* und der *Zeit* zu erforschen. Weiter hat sie die Aufgabe, nicht nur mit Hilfe des Gesetzes der *Kausalität* Erkenntnisse zu gewinnen, sondern

¹ Zeitschrift für philosophische Forschung, Bd. V, Heft 4.

auch Wesen und Ursprung dieses Gesetzes selbst zu ergründen, woraus dann die Spezialwissenschaft selbst wieder Nutzen ziehen kann. Solche Aufgaben hat sich *Kant* in seinem erkenntnistheoretischen Hauptwerk, der «Kritik der reinen Vernunft»², die – soweit sie physikalische Grundlagen betrifft – der adäquate Ausdruck der Tendenzen ist, die in der Newtonschen Physik exakt dargestellt worden sind, gestellt und zu lösen versucht.

Wesentlich ist hier, daß solche Aufgaben nur innerhalb der Erkenntnistheorie, nicht aber von der Physik selbst bewältigt werden können. Das eben heißt, daß nicht auf der Basis der Physik philosophiert werden darf. Die Physiker erliegen häufig der Versuchung, Behauptungen aufzustellen, die über ihre Fachdisziplin hinaus in eine andere Wissenschaft, nämlich die Philosophie, hineingreifen und die sich darum auch nicht mehr *physikalisch* entscheiden lassen. Dagegen muß sich der Philosoph wehren, daß der Physiker, mag er noch so bedeutend auf seinem Fachgebiet sein, mit rein *physikalischen* Mitteln oder doch jedenfalls ohne *genaue* Kenntnis der *gegenwärtigen* philosophischen Arbeit Resultate ableitet, die *philosophischen* Anspruch erheben und in das Gebiet der *Philosophie* gehören. Indessen kann der Physiker davon überzeugt sein, daß die Philosophie heute die spezialwissenschaftlichen Ergebnisse beachtet und sich einer spekulativen Hybris so leicht nicht wieder schuldig macht.

So können wir zum Beispiel aus dem Folgenden ersehen, daß die *Kausalität* an sich in der Praxis der physikalischen Forschung selbst keineswegs als *empiristisches* Faktum auftritt, also auch nicht durch die Erfahrung bewiesen oder widerlegt werden kann. Weiter nehmen auch der Relativitäts- und Atomphysiker *Raum* und *Zeit* als phänomenale Befunde, ebenso wie der klassische Physiker, einfach hin als «Bedingungen der Möglichkeit aller Erfahrung bzw. Messung». Was sie «in Wirklichkeit» sind – ob subjektive Anschauungsformen, wie *Kant* lehrte, oder metaphysische Wesenheiten oder bloße Zeichen für ein Metaphysisches – das ist der Physik als solcher ganz gleichgültig. Denn es handelt sich hierbei eben nicht um physikalische, sondern um philosophische, speziell erkenntnistheoretische Fragen, die deshalb auch in diesem Sektor behandelt und beantwortet werden müssen.

² Zugrunde gelegt ist hier die Reclamsche Ausgabe, herausgegeben von Raymond Schmidt, abgekürzt: Kr. r. V.

Schon die Ausgangsposition aller Physik, nämlich die Subjekt-Objekt-Relation, auf die wir an dieser Stelle aber nur so weit wie sie mit der Kausalität zusammenhängt eingehen können, ist eine erkenntnistheoretische, freilich nicht im Sinne einer unproblematischen Voraussetzung, sondern eher als ein Grundproblem, über dessen Schwierigkeit wir uns erst allmählich klar zu werden beginnen. Wir wissen aber, daß sich diese Relation in der modernen Physik, womit jetzt speziell die moderne Atomphysik gemeint ist, wesentlich anders ausnimmt als in der klassischen Physik, ja daß sie in der traditionellen Form einer scharfen Trennung des Objekts der Forschung vom forschenden Subjekt gar nicht mehr anwendbar ist. Es ist also schon sinngemäß, wenn wir Philosophie und moderne Physik in Beziehung setzen, d. h. von der Bedeutung speziell der Erkenntnistheorie für die Physik sprechen. Das soll nun in einigen Punkten näher dargelegt und erläutert werden.

I. DER KAUSALBEGRIFF IN DER PHYSIK

Wir beginnen zweckmäßig mit der *Kausalität*, einem der umstrittensten Begriffe in der modernen Physik. Der Physiker bekennt sich zu dem ihm selbstverständlich erscheinenden, durch die neueste Entwicklung seiner Wissenschaft jedoch erschütterten Grundsatz, nur wiederholbare oder, wie der Fachausdruck lautet, «reproduzierbare» Effekte «zuzulassen». Damit aber setzt er schon, noch bevor er mit der eigentlichen experimentellen oder theoretischen Arbeit begonnen hat, insbesondere die Kategorie der Kausalität als gültig voraus.

Wenn sich die Physik ihrem Wesen gemäß nur an das *Meßbare* hält, wobei die Messung wiederum eine Menge Theorie enthält³, so beschränkt sie sich darauf, unter den meßbaren Zuständen *Ursache* und *Wirkung* zu unterscheiden. Sie erblickt in den mit Notwendigkeit zeitlich aufeinanderfolgenden Zustandsänderungen eines Naturausschnittes (eines Systems) eine Kausalkette und bezeichnet die jeweils voraufgehenden Veränderungen als Ursachen und die nachfolgenden als Wirkungen. Damit wird also bestimmtes *rein räumliches* Geschehen für den Eintritt nicht weniger bestimmten,

³ Cf. meinen Aufsatz «Zur Theorie der Meßtechnik» (Das Elektron, IV/1951, Heft 10).

nachfolgenden ebenfalls *rein räumlichen* Geschehens *ausschließlich* verantwortlich gemacht. Es ist noch eine zu erörternde Frage, ob das hiermit vorausgesetzte Prinzip der Kausalität, daß also eine bestimmte Ursache immer auch eine bestimmte Wirkung nach sich ziehen müsse und daß umgekehrt jede Wirkung immer eine bestimmte Ursache voraussetze, etwa die Bedeutung eines Axioms (im Sinne der euklidischen Axiome) hat oder sonst etwas ist.

Des Näheren besteht nun in der sogenannten *klassischen Physik* folgende Sachlage: Dem Physiker ist in einem bestimmten Augenblick (t^0) der Zustand seiner Apparatur bekannt. Nun beobachtet er, welche Vorgänge sich aus diesem bekannten Anfangszustand im Laufe der Zeit ($t^1, t^2, t^3 \dots$) ergeben. Immer aber setzt er dabei voraus, daß auf einen bestimmten Anfangszustand die Vorgänge in stets gleicher Weise ablaufen. Die Gesetze, nach welchen diese Vorgänge ablaufen, gilt es mit mathematischer Genauigkeit zu erfassen und in mathematischen Gleichungen, sogenannten Differentialgleichungen, zu formulieren.

Für die Auffassung der klassischen Physik ist nun folgendes wesentlich: Wenn der Zustand eines abgeschlossenen Systems in einem bestimmten Zeitpunkt vollständig bekannt ist, kann man den Zustand dieses Systems in jedem späteren (und früheren) Zeitpunkt grundsätzlich berechnen. Man kann demnach sein Verhalten für alle Zeiten mit beliebiger Genauigkeit *voraussagen*. Daß dieses Gesetz in der Welt, soweit sie mechanisch strukturiert ist, auch tatsächlich absolut anwendbar ist, ist unbezweifelbar. Die Himmelsmechanik mit ihren Vorausberechnungen von Sonnen- und Mondfinsternissen, Planetenkonstellationen usw., die auch für die Vergangenheit (etwa zur Zeit von Christi Geburt) exakt berechnet werden können, ist der schlagendste Beweis für diese absolute Anwendbarkeit. Und so kommt man zu der Definition, daß ein Ereignis nur dann kausal bedingt ist, wenn es mit Sicherheit *vorausgesagt* werden kann.

In dieser *Voraussagbarkeit* oder *Vorausberechenbarkeit* sieht der sogenannte Physikalismus, von dem wir später noch genauer sprechen werden, sogar den einzig angebbaren Sinn des Kausalgesetzes, sein Kriterium. Kausalität beruht zum Beispiel für *M. Schlick*⁴

⁴ Cf. *M. Schlick*: Die Kausalität in der gegenwärtigen Physik (Die Naturwissenschaften 1931, erschienen auch in *M. Schlick*: Gesammelte Aufsätze, Wien 1938).

allein in ihrer «Bewährung» im Sinne dieser *Voraussagbarkeit*. «Wenn wir mit Hilfe eines Naturgesetzes *voraussagen* können, welches Ereignis auf ein bestimmtes anderes Ereignis folgen wird, und die Beobachtungen bestätigen die Voraussage, dann, meint *Schlick*, pflegen wir vom Bestehen eines Kausalzusammenhanges zu sprechen. Dabei sei es gleichgültig, welche Form das Naturgesetz hat, aus dem die Voraussage abgeleitet wurde»⁵. Sicher ist daran richtig, daß wir das Eintreffen von Voraussagen, wenn diese mit Hilfe erkannter Gesetzmäßigkeiten gewonnen wurden, als *Kriterium der Kausalität* anerkennen.

Wenn aber allein in diesem Kriterium der Sinn des Kausalgesetzes bestände, wenn also nach der *Schlick'schen* Kausalitätsdefinition das Verhältnis von Ursache und Wirkung nur derart wäre, daß die Wirkung *vorausgesagt* oder *vorausberechnet* werden kann, falls die Ursache bekannt ist, dann würde daraus folgen, daß es für prinzipiell nicht vorausberechenbare Ereignisse keine Ursachen gibt, daß also hier jedenfalls das Kausalgesetz im definierten Sinne nicht «gilt».

Solche Ereignisse finden nun tatsächlich bei radioaktiven Vorgängen und in der Quantenmechanik, zum Beispiel beim Überspringen eines Elektrons von einer äußeren auf eine innere Bahn, statt, und für sie ist von einigen Physikern auch die letztgenannte Konsequenz gezogen worden. So sagt *Born*, das «Kausalgesetz sei leer», und *Heisenberg* folgert, daß «seine Ungültigkeit definitiv festgestellt» sei. Indessen sind solche weittragenden Konsequenzen, wie aus dem Folgenden ersichtlich wird, in keiner Weise zulässig. Mit Recht hat man darauf hingewiesen, daß die *Heisenbergsche* Unbestimmbarkeitsrelation ja gerade durch die strenge Anwendung der Kausalität festgestellt worden ist. Jedenfalls geraten wir den solche Ereignisse betreffenden Ausdrucksweisen gegenüber in eine merkwürdige Lage, die uns vor die zentrale Frage stellt, wie weit der Inhalt des Kausalbegriffes mit dem der Prognostizierbarkeit zusammenhängt und eventuell über ihn hinausragt. Denn das Problem der Kausalität in der Atomphysik betrifft die vollständige Bestimmbarkeit eines zukünftigen Geschehens, so daß man überhaupt präziser von Determinismus spricht. Durch diese Verknüpfung des physikalischen Kausalgesetzes mit dem Begriff der exak-

⁵ Zit. nach Zeitschrift für philosophische Forschung, Bd. VI, Heft 1.

ten Vorausberechenbarkeit, die 300 Jahre hindurch, ohne auf Schwierigkeiten zu stoßen, sich in der Forschung bewährt hat, hat man – philosophisch gesehen – das kategoriale Kausalprinzip überspitzt und es mit einem *aposteriori* aus der Erfahrung stammenden konkreten Inhalt vermengt. Infolge dieser extrem metaphysischen Übersteigerung wurde der Kausalbegriff seines kategorialen allgemein gültigen Charakters fast entkleidet.

Diese Übersteigerung des Kausalbegriffes, d. h. die Belastung seines kategorialen Charakters mit inhaltlichen Momenten, hat zu der Krise des Kausalsatzes geführt, wobei ausdrücklich hinzugefügt werden muß, daß sich diese Krise nur auf diese *Übersteigerung* bezieht und, worauf wir zurückkommen werden, dazu zwingt, das Kausalprinzip von nicht notwendig mit ihm verbundenen Prinzipien zu befreien. Man darf nicht die strenge Determinierbarkeit und exakte Vorausberechenbarkeit des Einzelgeschehens mit der apriorischen Gültigkeit des Kausalprinzips gleichsetzen.

Neuerdings hat vor allem *C. Fr. v. Weizsäcker* in bemerkenswerter Weise darauf hingewiesen, daß auch die moderne Atomphysik – im Gegensatz zu oft gehörten Behauptungen – keineswegs der *Kant'schen* Erkenntnislehre widerspreche und den apriorischen Charakter der klassischen Physik leugne, sondern ihn – im Gegenteil – voraussetze. Ohne apriorische Voraussetzungen könnten überhaupt keinerlei physikalische Erkenntnisse gewonnen werden.

Man kann natürlich, zum Beispiel mit *Pascual Jordan*, in positivistischer Beschränkung von vornherein den Kausalbegriff so definieren, daß er nur und *nur* mit dem der Prognostizierbarkeit zusammenfällt. Wenn man so verfährt, geht man nur noch darauf aus, aus bestimmten beobachteten Erfahrungen zukünftige zu *prophezeien*. Dann muß man sich aber darüber klar sein, daß eine solche Definition und alle weiteren Aussagen, die daraus folgen, keine ontologische Relevanz besitzen. Denn über das Sein selbst, über die «objektive Realität» sagt das Determinismusproblem gar nichts aus, sondern es besagt nur – und damit kommen wir wieder auf die *philosophische* Seite unseres Problems – «daß der Mensch unter bestimmten Bedingungen physikalische Vorgänge als determiniert ansehen und behandeln *kann*. Die Natur *abgesehen* von diesem *Können* tritt gar nicht vor Augen. Nur ist – bisher verhängnisvollerweise – das bezeichnete Können dennoch gerade ein solches Absehen-können, das erst in der Mikrophysik sein Ende findet. Die

Sache liegt also nicht so, daß die ‚klassischen‘ Vorgänge nach wie vor ‚voll determiniert‘ wären, sondern so, daß sie nach wie vor als voll determiniert ‚gelten können‘, oder genauer: nach wie vor voll determinierbar sind. Freilich, auf diesen scheinbar winzigen Unterschied der Ausdrucksweise überhaupt zu achten, liegt dem Nur-Physiker meist fern, weil in der Tat diese Folgerung, mit der die Erfahrungen der Quantenmechanik zunächst auf die älteren Erfahrungen der Physik selbst zurückwirken, gerade in ihrer Achtsamkeit auf nurphysikalische Formulierungen eine philosophische Folgerung darstellt»⁶.

Über das Sein selbst wird also mit dieser Voraussagbarkeit keine Feststellung getroffen noch etwas daran geändert, ob wir bestimmte Naturvorgänge nun gerade *voraussagen* können oder nicht. Im makrokosmischen Bereich, soweit er mechanisch strukturiert ist (deswegen spricht man auch von «mechanischer Kausalität»), können wir es, im mikrokosmischen dagegen können wir es eben nicht. Hier ist es nämlich zunächst im *subjektiven* Sinne nicht möglich, mit unseren Beobachtungsmitteln (Röntgenstrahlen o. ä.) wie im Makrokosmos den Anfangszustand eines atomphysikalischen Systems genau zu bestimmen, sondern diese Feststellung ist grundsätzlich nur im Rahmen der von *Heisenberg* aufgestellten Unbestimmbarkeitsrelationen möglich, die der exakte Ausdruck der Tatsache sind, daß jede Messung eines atomphysikalischen Vorganges eine Störung des beobachteten Systems darstellt. (Der springende Punkt in der Atomphysik ist zwar nicht, worauf *Niels Bohr* immer wieder aufmerksam gemacht hat, daß der Beobachtungsakt eine an sich seiende Situation im Atom *stört*, sondern vielmehr daß die physikalische Wechselwirkung zwischen beobachtendem Subjekt und beobachtetem Objekt von vornherein eine nicht zu umgehende Bedingung der Kenntnisnahme überhaupt ist. Aus diesem allgemeingültigen Satz, der selbstverständlich auch in der klassischen Physik gilt, folgt nun die quantenmechanische Unbestimmbarkeit durch den weiteren Sachverhalt, der in den sogenannten Dualismusexperimenten ausgesprochen ist und sich so formulieren läßt: «Die Art der Wechselwirkung zwischen Beobachter und Gegenstand, welche notwendig ist, um bestimmte Eigenschaften des

⁶ Zit. nach *Wilhelm Kamlah*: *Der Mensch in der Profanität*, Stuttgart 1949, S. 77

Gegenstandes in Erscheinung treten zu lassen, zum Beispiel den Ort, kann nicht gleichzeitig hergestellt werden mit derjenigen Wechselwirkung, die notwendig ist, um bestimmte andere Eigenschaften, zum Beispiel den Impuls, in Erscheinung treten zu lassen»). Und zweitens können wir im *objektiven* Sinne das Gesetz der mechanischen Kausalität hier deshalb nicht «anwenden», weil die Atomteilchen nicht Körperchen im alten Sinne der Physik sind. Die Voraussetzungen für die «Anwendbarkeit» des Kausalgesetzes in seiner klassisch-physikalischen Formulierung sind also weder von seiten des beobachtenden Subjekts erfüllbar noch am beobachteten Objekt erfüllt. Damit stoßen wir gleichzeitig auf die prinzipiellen Schranken der exakten Vorausbestimmung eines Naturvorganges, die im rein mechanischen Geschehen möglich ist. Die Quantenmechanik hat also die prinzipiellen Schranken der exakten Vorhersage in einem bestimmten Gegenstandsbereich aufgewiesen.

So hat uns die Atomphysik den Determinismus sozusagen aus der Hand genommen; an seine Stelle treten hier Wahrscheinlichkeitsaussagen. Aber auch die Wahrscheinlichkeit setzt ihrerseits wieder eine ihr zugrunde liegende Kausalgesetzlichkeit voraus. Mit der Voraussetzung einer wahrscheinlichkeitstheoretischen Ordnung der Naturwirklichkeit verfällt man jedoch in denselben Fehler wie in der klassischen Physik mit der Fiktion des gleich zu erläuternden *Laplace'schen* Geistes. In dem einen Falle wird eine streng determinierte Ordnung der Weltwirklichkeit postuliert, im anderen eine wahrscheinlichkeitstheoretische. Damit aber schlägt die positivistische Haltung genau so wie die allmechanistische des 19. Jahrhunderts in eine extrem ontologische Metaphysik um. Denn jede Aussage über die endgültige Beschaffenheit der Naturwirklichkeit ist eine unbeweisbare ontologisch-metaphysische Behauptung. Das einzige, was man sagen kann ist, daß die konsequent deterministische Naturauffassung, wie sie etwa noch *Laplace* in seinem «*Essai philosophique sur les probabilités*» vertreten konnte und in dem klassischen Satz formulierte: «Wenn es möglich wäre, für einen gegebenen Augenblick alle Kräfte zu kennen, von denen die Natur bewegt ist, und auch die Lage der Wesen zu wissen, aus denen sie besteht, und wessen Geist zudem umfassend genug wäre, diese Erscheinungen einer Analyse zu unterziehen, der könnte die Bewegung der größten Körper des Universums und die der leichtesten Atome in eine und dieselbe Formel einschließen. Nichts wäre mehr unge-

wiß für ihn, und das Zukünftige wie das Vergangene wäre gegenwärtig vor seinen Augen» – daß diese Auffassung durch die Quantenmechanik nicht nur unbewiesen, sondern widerlegt ist.

Für die Frage nach dem Wesen der Kausalität und damit auch nach ihrem Zusammenhang mit der Prognostizierbarkeit ergibt sich aber aus dem Vorhergehenden, daß *Erfahrung*, sowohl klassische wie auch atomphysikalische Erfahrung, überhaupt nichts über das Kausalgesetz aussagen, es also weder beweisen noch widerlegen kann. Mit den Mitteln des Experiments und auch der Mathematik ist hier also gar nichts auszurichten, sondern beim Kausalproblem handelt es sich um ein ausgesprochen *philosophisches*, speziell *erkenntnistheoretisches* Problem, so daß wir daraus die Bedeutung der Erkenntnistheorie für die Physik entnehmen können.

Natürlich können wir den Kausalsatz auch mit den Nur-Physikern im Sinne des Empirismus als empirischen Satz deuten und die Geltung dieses Satzes an Beobachtungen prüfen. Wenn es sich dabei zeigen sollte, daß sich innerhalb bestimmter Bereiche keinerlei Gesetzmäßigkeit im Ablauf der Naturereignisse feststellen läßt, so wäre damit die Allgemeingültigkeit des Kausalsatzes widerlegt. Aber über das Wesen der Kausalität ist auch damit nichts ausgesagt.

Erfahrung – und das ist in diesem Zusammenhang das Wesentliche – zeigt immer nur, daß auf einen Zustand a in der Zeit ein Zustand b folgt usw. «Wahrgenommen» wird also immer nur die zeitliche Sukzession. Seit *Hume*, dem geistigen Ahnherrn des Positivismus, ist es allgemein anerkannt worden, daß wir aus der Erfahrung nichts als die Regelmäßigkeit gewisser Phänomene entnehmen können. Wenn beispielsweise ein elektrischer Strom einen Leiter durchfließt, so wird eine Magnetnadel abgelenkt (und zwar immer nach der linken Seite und entsprechend um den selben Winkel). Aus der Häufigkeit der Verbindung dieser beiden aufeinanderfolgenden Ereignisse schließt nun der Physiker, daß diese Verbindung eine *notwendige* sei, daß also der erste Vorgang (das Durchfließen des Stromes) die *Ursache*, der zweite (Ablenkung der Magnetnadel) die *Wirkung* sei. Auf eine Formel gebracht würde dies heißen, daß von zwei aufeinanderfolgenden Ereignissen a und b a die *Ursache* von b ist, wenn es unmöglich ist, daß a geschieht, ohne daß b darauf folgt. Aber einen *empirisch* feststellbaren Sinn gibt diese Erklärung nicht, d. h. wir können auf keine Weise die *Notwendigkeit* der Ur-

sache-Wirkung-Verbindung *empirisch* feststellen. Erfahrung lehrt also nicht, daß der Zustand b *notwendig* auf den Zustand a folgt, daß also hier eine gesetzmäßige Folgeverknüpfung vorliegt. Diese wird gleichsam «hinzugesetzt». *Hume* behauptet nun, daß dieses «Hinzusetzen» ein Produkt der *Gewöhnung* sei. Doch läßt sich schlechterdings nicht einsehen (was ja auch immer wieder gegen *Hume* eingewandt worden ist), auf welche Weise durch eine bloße Häufung der Gewohnheitserfahrung, die gar nichts von einer kausal-notwendigen Verknüpfung enthält, die Idee einer solchen Verknüpfung erzeugt werden könne. An diesem Punkt setzt nun *Kant* mit seiner These ein, daß der Begriff dieser Verknüpfung *nicht* aus der Gewohnheitserfahrung stamme, sondern a priori sei, womit er das Kausal- wie überhaupt das Naturgesetz als ein synthetisches Urteil a priori auffaßt.

In der Voraussetzung dieser *gesetzmäßigen* Folgeverknüpfung raumzeitlichen Geschehens steckt also die eigentlich *erkenntnistheoretische* Problematik der Kausalität, um die allein es uns hier geht. Diese Voraussetzung macht übrigens auch die Quantenmechanik, denn sonst könnte sie als Realwissenschaft überhaupt keine Aussagen machen. So schreibt *Heisenberg*⁷, daß auch in der modernen Physik die Anwendbarkeit des Kausalgesetzes die Voraussetzung jeder objektiven wissenschaftlichen Erfahrung sei. «Denn wir können Verlauf und Resultat einer Messung gar nicht anders mitteilen, als indem wir die dazu nötigen Handgriffe und die Zeigerablesung als objektive, in Raum und Zeit unserer Anschauung sich abspielende Vorgänge beschreiben, und wir könnten aus einem Meßresultat nicht auf die Eigenschaften des beobachteten Objekts schließen, wenn das Kausalgesetz nicht einen eindeutigen Zusammenhang zwischen beiden garantierte». In der erkenntnistheoretischen Problematik ist das Wesentliche dies, daß in der Abhängigkeit von a (Ursache) und b (Wirkung) nur die Funktion erkennbar und in einfachen Fällen sogar mathematisch faßbar ist, nicht aber die Art des Funktionierens selbst. Der *eigentliche Nexus*, die innere Notwendigkeit des Hervorgehens von b aus a, bleibt völlig *unerkannt*. Gerade dieser Nexus aber macht den Gesetzcharakter der Kausalität aus. Kein Verstand kann durchschauen, warum b ein-

⁷ *Werner Heisenberg*: Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft, 8. erweiterte Auflage, Stuttgart 1949, S. 16.

treten muß, wenn a vorhanden ist. Nur soviel läßt sich einsehen, daß – unter Voraussetzung des Gesetzes – die Zustände a und b im wirklichen Naturgeschehen streng determiniert zeitlich sukzessieren. Die Voraussetzung selbst aber, d. h. eben das Gesetz selbst, das eigentliche Entspringen des b aus a, bleibt jenseits der Grenze der Erkennbarkeit.

Im Kausalnexus wird demnach nichts erklärt, sondern nur schlicht formuliert, daß eine durchgehende Verbindung besteht, wobei das Erkennbare an ihr die geradlinige Struktur des Späteren (b) aus dem Früheren (a) ist. Wir haben es also mit einem *Minimum an rationaler Bestimmung*, einem hypothetisch-kritischen Versuch, ein an sich irrationales Verhältnis wenigstens annähernd zu fassen, zu tun.

Die Urforderung der mathematischen Naturwissenschaft ist also hinsichtlich des Kausalbegriffes ein *methodischer Empirismus*, denn sie kennt eben nur das *unmittelbar* Beobachtbare, also die zeitliche Aufeinanderfolge von Ereignissen und deren Notwendigkeit. Dabei hat aber der Begriff der Notwendigkeit keinen tieferen, über das rein Empirische hinausgehenden Sinn, sondern er soll lediglich zum Ausdruck bringen, daß die Ereigniskette a–b–c . . . bisher immer ablief, wenn a gesetzt wurde. Damit schaltet die mathematische Naturwissenschaft das *eigentliche Bewirken*, das *propter hoc*, auf das es aber gerade bei der Frage nach dem Wesen der Kausalität ankommt, aus dem Kausalbegriff aus. Die wahrgenommene zeitliche Aufeinanderfolge der Zustände a, b, c . . . soll zwar eine *notwendige* sein, womit gesagt ist, daß es sich nicht um ein *reines post hoc* handelt, aber dieses *post hoc* kann eben nicht im Rahmen der mathematischen Naturwissenschaft zu einem *propter hoc* erhoben werden. So begreifen wir es, wie von hier aus der oben erwähnte Physikalismus seinen Ausgang nimmt, der Sinn und Bedeutung des Kausalbegriffes (nach der oben gegebenen Definition) lediglich in der zeitlichen Aufeinanderfolge meßbarer Zustände sieht. In diesem Kausalbegriff, der die *Vorausberechenbarkeit* einschließt, denkt der Experimentalphysiker, aber auch der Theoretiker setzt ihn voraus.

Wenn *Kant* diesen Kausalitätsbegriff zu einem Axiom (im Sinne der euklidischen Axiome) erhob, so wendet die moderne Physik, die einen anderen Erfahrungsbegriff als den der klassischen Physik gewonnen hat, etwa mit *Heisenberg* dagegen ein, daß eine im Sinne der klassischen Physik «objektive» Physik, wie sie noch *Kant* zum

Vorwürfe hatte, d. h. aber eine scharfe Trennung der physikalischen Welt in *Subjekt* (experimentierender Physiker + Meßapparat) und *Objekt* (zur Beobachtung stehender Naturvorgang), vom Standpunkt der modernen Physik nicht mehr möglich ist. Gerade der Verzicht auf die Objektivierbarkeit des atomaren Geschehens, d. h. eben der Verzicht auf die Beschreibung der atomaren Gegenstände als an sich seiende Gebilde, denen man unabhängig vom Beobachtungsakt Eigenschaften von der Art, wie sie in Beobachtungsakten auftreten, zuschreiben könnte, ist, wie schon erwähnt wurde, der zentrale Punkt der Quantenmechanik. So kann man von ihrem Standpunkt aus unter Berücksichtigung dieses anderen Erfahrungsbegriffes sagen, daß die Naturvorgänge nur so weit kausal (im definierten Sinne der klassischen Physik) sind, als wir sie als objektive, von der Beobachtung unabhängige Abläufe beschreiben können.

Daraus darf man aber nicht die erkenntnistheoretische Folgerung ziehen, daß mit dem Fortfall der Objektivierbarkeit des Naturgeschehens, worauf an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden soll⁸, auch die «Geltung» des Kausalgesetzes ohne weiteres entfalle und die Quantenmechanik das Ungültigsein der Kausalität als solcher festgestellt habe. Was entfällt, ist nur ihre Anwendbarkeit im Sinne der Voraussagbarkeit. Zudem hätte, wie bereits erwähnt wurde, eine solche Folgerung und alles, was sich daraus ergibt, keine ontologische Relevanz.

Die Gleichsetzung der beiden Begriffe *Voraussagbarkeit* und *Kausalität* beruht also auf einer Verwechslung. Gerade von den Ergebnissen der Quantenmechanik her bleibt nur die Konsequenz übrig, daß man den Begriff der *Vorausberechenbarkeit* von dem der *Kausalität* trennen muß. Die exakte *Vorausberechenbarkeit*, so können wir jetzt gegenüber der Definition *Schlicks* sagen, ist nur ein hinreichendes, aber kein notwendiges Kriterium für das Vorhandensein von Kausalität. Man darf also nicht mit dem Physikalismus sagen, daß der einzig angebbare Sinn des Kausalgesetzes in der *Vorausberechenbarkeit* eines Naturereignisses liege, und daß die «Erfahrung» die «Unbrauchbarkeit» oder «Leerheit» des Kausalgesetzes, wie man in jenem Lager wähnt, «bewiesen» habe. «Erfahrung» kann hier, wie wir hörten, überhaupt nichts «beweisen». Zwar be-

⁸ Cf. meine Schrift: Das Verhältnis der Quantenmechanik zur klassischen Physik, Bonn 1947, S. 12–15.

deutet es erkenntnistheoretisch dasselbe, wenn man eine Ursache *angibt* und eine Wirkung *vorausberechnet*, weil eben keines von beiden eine größere oder geringere Beweiskraft hat. Aber empirisch sind es zwei verschiedene Dinge.

So vollzieht auch die Naturphilosophin und Physikerin *Grete Henry-Hermann* eine saubere Scheidung des Kausalproblems in zwei Seiten: in den Begriff der *Vorausberechenbarkeit* der gesetzlichen Naturerscheinungen und den ihrer *bloß kausalen Verknüpfung* im bezeichneten Sinne. Also auch hier ist die strenge *Voraus-sagbarkeit* als «Bewährung» vom Begriff der Kausalität abgetrennt. Die Autorin ist demnach auch nicht der Auffassung, daß man jede Kausalbehauptung unmittelbar durch die *Voraus-sage* verifizieren könne, sondern sie vertritt vielmehr die Ansicht, daß die erwähnten Ereignisse in der Quantenmechanik das Kausalprinzip keineswegs als «ungültig» erwiesen, sondern es nur geklärt und von Prinzipien, die nicht notwendig mit ihm verbunden sind, so vor allem eben dem Prinzip der *Vorausberechenbarkeit*, befreit, also dessen Anwendungsbereich eingeschränkt und festgelegt haben. *Gr. Henry-Hermann* ist also durchaus der Ansicht, daß auch in der Quantenmechanik der strenge Kausalnexus der bekannten Naturgesetze *gilt*.

Die insbesondere von ihr hervorgehobene Möglichkeit, zu jedem wirklich beobachteten Phänomen ein dieses verursachendes anderes Phänomen aufzufinden, also die Ursache-Wirkung-Verbindung herzustellen, bezeichnet einen Sonderfall der sogenannten *Persistenz der klassischen Gesetze*. Diese erklärt sich aus der Tatsache, daß die Quantenphysik die klassische Physik nicht aufhebt, sondern diese als Grenzfall umgreift. Insbesondere versteht man unter dieser Persistenz, daß jede Voraussetzung der klassischen Physik, die man aus einem wirklich gemachten Experiment ohne Hinzunahme von Wahrscheinlichkeitsüberlegungen ableiten kann, auch im Bereiche der Quantenmechanik richtig bleibt.

II. RAUM UND ZEIT IN DER PHYSIK

Auch die Fragen nach dem Wesen von *Raum* und *Zeit*, die auch in der Physik zunächst so vorgestellt werden, wie sie sich im Umgang mit der uns umgebenden Körperwelt darstellen, werden (wie die nach der Kausalität) nicht innerhalb der Physik selbst, sondern

im Rahmen der Philosophie, speziell Erkenntnistheorie entschieden, woraus wiederum die Bedeutung der Erkenntnistheorie, also die Beziehung zwischen Philosophie und Physik, hervorgeht.

Newton legte seinem Aufbau der klassischen Mechanik in den «Prinzipien» die Ideen des absoluten Raumes und der absoluten Zeit zugrunde. Dieser absolute Charakter, d. h. die absolute Invarianz von Raum und Zeit in der Newtonschen Mechanik entspricht dem transzendentalphilosophischen Kantischen Standpunkt. So schreibt *Newton*: «Der absolute Raum bleibt, vermöge seiner Natur und ohne Beziehung auf einen äußeren Gegenstand, stets gleich und unbeweglich» und: «Die absolute, wahre und mathematische Zeit verfließt an sich und vermöge ihrer Natur gleichförmig, und ohne Beziehung auf irgendeinen äußeren Gegenstand». Bereits *Barrow*, der Lehrer Newtons, definiert – diese historische Bemerkung sei hier eingeflochten – «Die Zeit ist kein wirkliches Sein, sondern die Möglichkeit eines ständigen andauernden Seins, genau wie der Raum die Fähigkeit des Seins der Größe bezeichnet»⁹. In diesen Worten erkennen wir deutlich die ersten Skizzen der Newtonschen Bestimmungen des Raumes und der Zeit in den «Prinzipien». So sah die sogenannte klassische Physik seit Newton in Raum und Zeit absolute Wesenheiten, die sie ihrem Naturbilde zugrunde legte, und eine Rechtfertigung dieser Begriffe kann man in der Richtigkeit der Prinzipien der Mechanik und der mit Hilfe dieser Begriffe abgeleiteten Folgerungen erblicken. Raum und Zeit waren danach eindeutig bestimmte, ein für allemal fertig vorliegende Behälter, in welche man sich die physikalischen Vorgänge gleichsam eingepackt dachte.

Mit dieser Vorstellung hat nun der moderne Physiker endgültig gebrochen, wenn er Raum und Zeit nur als *Ordnungsschemata* voraussetzt, welche er der jeweiligen Maßbestimmung zugrunde legt. Anders gesagt, sind also nach der heutigen Auffassung der Physik Raum und Zeit Ordnungssysteme, in welche ihre Erscheinungen einzuordnen der physikalischen Erfahrung bzw. Messung überlassen bleibt. Es genügt dem *Physiker* als solchem, wenn er weiß, daß alle seine Messungen in Raum und Zeit erfolgen, und insofern, aber auch nur insofern lassen sie sich auch heute noch als Inva-

⁹ Zit. nach *S. I. Wawilow*: Isaac Newton, Berlin 1951; cf. meine ausführliche Besprechung dieses Werkes im Philosophischen Literaturanzeiger, Bd. III, Heft 6.

rianten der Erfahrung auffassen. So ist der Raum für die Physik in erster Linie «Bedingung der Möglichkeit aller Messung». Durch Messung gelangt sie zu dem Begriff der Dreidimensionalität, und es ist daher, streng genommen, nicht richtig, wenn man, wie es seit Lotze oft geschehen ist, für die *mehr* als dreidimensionalen Mannigfaltigkeiten noch die Bezeichnung «Raum» gebraucht.

Raum ist, so können wir jetzt mit *Eduard May* definieren, das einzigartige Ordnungsgefüge von der Bedeutung «Nebeneinander», «das die Dreidimensionalität – und nur sie allein – wesentlich (nicht ‚logisch‘) notwendig mit sich führt». Die *Zeit* hingegen ist ein Ordnungsgefüge von der Bedeutung «Nacheinander». Beide sind demnach Bedingungen der Möglichkeit aller Erfahrung bzw. Messung. Bei der *Raummessung* handelt es sich darum, *wievielmals* ein Normalmaßstab auf dem zu Messenden abgetragen werden muß; bei der *Zeitmessung* (im Prinzip genau so) darum, *wievielmals* ein periodischer Bewegungsvorgang (Uhr) ablaufen muß, bis der zu messende Bewegungsvorgang abgelaufen ist. Von diesem phänomenalen Befund geht die Physik aus, sie nimmt ihn als gültig hin und kehrt immer wieder zu ihm zurück, wenn sie aus den durch solche Messung gewonnenen mathematischen Formeln Aussagen über die wirklichen physikalischen Vorgänge machen will.

Während einerseits von einer «Vereinigung» von Raum und Zeit keine Rede sein kann, da sie eben auf den genannten unterschiedlichen Qualitäten des «Nebeneinander» und «Nacheinander» beruhende selbständige Gebilde sind, bleiben andererseits in der Messung dieses «Neben» und «Nach» gleichsam «draußen», so daß nunmehr von einer Vereinigung der Raum- und *Zeitmaßzahlen* sinnvoll geredet werden kann.

Nun lassen sich aber bestimmte Erscheinungen aus der Optik und Elektrizitätslehre nur so deuten, daß physikalische Messungen in einem Raum und Zeit zusammenfassenden sogenannten vierdimensionalen «Raum-Zeit-Kontinuum» ausgeführt werden, d. h., daß man nicht (wie im klassisch-physikalischen Sinne) bei einem bestimmten Vorgang seinen Ort im Raume und seine Dauer in der *Zeit unabhängig* voneinander messen kann. Entsprechend schaltet die moderne Physik in der *Relativitätstheorie* beide Anschauungsformen Raum und Zeit aus dem physikalischen Gesamtbild bewußt aus und setzt an ihre Stelle in der sogenannten «Minkowski-Welt» ein rein begriffliches mathematisches Gedankengebilde, ein *vier-*

dimensionales Kontinuum, dessen einzelne Punkte durch vier Zahlen gekennzeichnet sind.

Dadurch wird jedoch die grundsätzliche Bedeutung von Raum und Zeit als Ordnungsschemata in keiner Weise berührt, denn es ist ein unabänderlicher und auch stets anerkannter Grundsatz der Naturforschung, daß jede Darstellung des Naturgeschehens sich jederzeit in das Erlebnisbild der Natur zurückübersetzen lassen muß. So bleiben Raum und Zeit auch in der Relativitätstheorie physikalische Begriffssysteme, die durch Zuordnung zu bestimmten Daten der Erfahrung gebildet werden.

Etwas ganz anderes ist es natürlich, wenn die allgemeine Relativitätstheorie die Metrik des Raumes von der Verteilung der Materie abhängig macht und damit in der physikalischen Raum-Zeit-Auffassung einen grundlegenden Wandel geschaffen hat. Nur die Feststellung der tatsächlich gültigen Metrik hängt von der Erfahrung ab. So tut *Einsteins* Relativitätstheorie – im Gegensatz zu Kant – dar, daß die Raum-Zeit-Lehre als von der Erfahrung abhängig angesehen werden muß. Damit ist aber nicht *Kants* aprioristische Auffassung von Raum und Zeit durch die Relativitätstheorie widerlegt, sondern lediglich seine Formulierung im Sinne von *Newtons* Lehre als absoluter physikalischer Raum und absolute physikalische Zeit. Auch die Ergebnisse der Relativitätstheorie beruhen, genau wie die klassische Mechanik, auf den apriorischen Raum- und Zeitvorstellungen.

Der *Raum* ist nach *Einstein* eine «Raum-Molluske», zwar in allen Richtungen unbegrenzt, aber gleichwohl endlich. Diese Art von Raum, welche unter Hinzuziehung des Faktors *Zeit* als vierdimensional gedacht werden muß, ist «gekrümmt», so daß – ähnlich wie auf der Erdoberfläche – eine Bewegung auf der Raum-Molluske schließlich in sich selber zurückläuft. Dagegen nimmt *de Sitter* an, was der Vollständigkeit wegen hinzugefügt sei, daß wir uns in einem expandierenden Weltall befinden. Danach dehnt sich also das Universum von einem mehr oder minder genau fixierbaren Mittelpunkt aus in alle Richtungen aus, und zwar mit einer Geschwindigkeit, die gegen außen hin immer mehr zunimmt. Mathematische Untersuchungen des Russen *Friedmann* (1922) und des Belgiers *Lemaître* haben ergeben, daß sich diese Auffassungen *Einsteins* und *de Sitters* wechselseitig ergänzen. Man muß das Universum im gegenwärtigen Zustand wohl als ein «de Sitter'sches» auf-

fassen, ursprünglich aber dürfte es ein «Einstein'sches Universum» gewesen sein, das kaum – nach den Einstein'schen Gesetzen – entstanden, seine Stabilität verliert und beginnt sich auszudehnen, wobei dann diese Ausdehnung dauernd fortgesetzt wird.

Auch die Zeit, von der *Kant* in seiner transzendentalen Ästhetik der Kr. r. V. spricht, ist nichts anderes als das erwähnte Ordnungsgefüge «Nacheinander», in welchem jedes Ereignis seine bestimmte Stelle hat und dessen Existenz wir überall in der Wissenschaft voraussetzen, auch dann, wenn wir (wie in der Relativitätstheorie) uns über die Schwierigkeiten der empirischen Zeitmessung klar werden und beispielsweise wissen, daß es vom Standpunkt der messenden Physik aus sinnlos ist, von einer «Gleichzeitigkeit» zweier Ereignisse zu reden.

Kant machte sich nun als echter Erkenntnistheoretiker (ebenso wie bei der Kausalität) auch dieses einfache «Voraussetzen» von Raum und Zeit zu einem philosophischen Problem, das er in der bereits genannten Weise entschied. Ob seine Entscheidung nun richtig war oder nicht, geht den Physiker, um es nochmals zu sagen, gar nichts an. Es ist daher auch abwegig, wenn man sagt, *Kant* sei durch die Ergebnisse der modernen Physik überwunden. Dem muß mit Nachdruck entgegengehalten werden, daß *Kant* in diesem Punkte – von der Physik jedenfalls – nicht überwunden werden kann, weil alle diese Fragen, um die der Streit entbrannt ist, eben außerhalb jeder Naturwissenschaft – in der Erkenntnistheorie – entschieden werden. Mit physikalischer Erkenntnis selbst und deren – besonders durch die moderne Physik heraufbeschworenen – empirischen Nöten hat das rein gar nichts zu tun. Man kann darüber hinaus sogar der Überzeugung sein, daß die Physik heute an einen Punkt gelangt ist, an dem sie die Frage ernsthaft prüfen müßte, ob nicht das Werk des Königsberger Philosophen auch für sie noch eine große Bedeutung hat. Doch wollen wir diese Frage hier auf sich beruhen lassen.

Von anders gelagerter Bedeutung für das Raum-Zeit-Problem und speziell für die Struktur des Raumes ist der andere Zweig der modernen Physik, nämlich die *Quantenmechanik*. Es handelt sich hierbei letzten Endes nicht um die Messungsmöglichkeiten im gegebenen phänomenalen Raume, sondern um die Erklärung des Atomismus der Materie aus der Struktur des Raumes und der Zeit. Gewisse Erfahrungen der sogenannten Kernphysik,

auf welche bereits *Beck* hingewiesen hat, ließen vermuten, daß dem Begriff des Raumes eine Struktur anhaften könnte, und daraus ließ sich infolge der engen Verbundenheit von Raum und Zeit (im oben dargelegten Sinne) auch auf eine Struktur der Zeit schließen. Auch sie hat nach einer Theorie *Heisenbergs* keinen linear gerichteten Verlauf, sondern besitzt verschiedene «Dimensionen», wie man es sich bisher nur vom Raum vorstellen konnte. Nicht weniger wichtig ist die Wandlung unserer Zeitvorstellung durch die Ergebnisse der modernen Atomphysik, die zur Postulierung einer kleinsten Zeiteinheit geführt haben. Doch hat dieser Gedanke wohl noch keine hinreichende mathematische Begründung bisher gefunden. Wir wollen darauf, der Absicht unserer Arbeit gemäß, an dieser Stelle nicht näher eingehen, sondern nur noch ausdrücklich hinzufügen, daß es sich bei alledem nur um die *physikalischen*, speziell atomphysikalischen, Begriffe von Raum und Zeit handelt.

Man kann also wohl sagen, daß die Frage, ob Raum und Zeit der klassischen Physik nach Newton, wovon wir in diesem Abschnitt ausgingen, durch die Begriffssysteme, welche die moderne Physik (in der Relativitätstheorie und Quantenmechanik) kennzeichnen, eine Wandlung ihres *Inhalts* erfahren haben, bejaht werden muß, wobei noch eine neuere Arbeit von *March* über «Raum, Zeit und Naturgesetze»¹⁰ erwähnt sei, die dartut, daß die Beziehungen von Raum und Zeit einer tiefergehenden Wandlung in der modernen Physik unterzogen sind. Zugleich aber muß man nochmals betonen, daß Raum und Zeit in ihrer *begrifflichen* Stellung als Ordnungssysteme durch die moderne Physik nicht angetastet sind, und daß vor allem die Frage, auf welche es uns in diesem Zusammenhang ankommt, was Raum und Zeit nun in Wirklichkeit sind, sinngemäß überhaupt keine physikalische, sondern vielmehr eine philosophische, speziell erkenntnistheoretische Frage ist, woraus die enge Verbindung zwischen Philosophie und moderner Physik hervorgeht.

So lassen sich also – das ist das Resumée von Abschnitt I und II – weder *Kausalität* noch *Raum* und *Zeit* aus *Erfahrungserkenntnissen* heraus umgestalten. Die Frage, ob die *Zeit* eine «bloß subjektive Anschauungsform», wie *Kant* meinte, oder sonst etwas sei, wird

¹⁰ Zeitschrift für Physik, Bd. 117, S. 413 ff.

grundsätzlich nicht innerhalb des naturwissenschaftlichen (physikalischen) Sachbereiches, sondern ganz im Rahmen der Erkenntnistheorie, also philosophisch, entschieden. Dasselbe gilt auch, wie wir sahen, von *Raum* und *Kausalität*. So hat auch die moderne physikalische Entwicklung den Kantischen Grundgedanken in einem gewissen Sinne bestätigt: daß nämlich *Raum* und *Zeit* nur Formen unserer Anschauung, nicht aber Eigenschaften der Welt an sich sind. Mit der Behauptung der vierdimensionalen «gekrümmten» Beschaffenheit der Weltwirklichkeit überschreitet die Physik ihre Grenzen, indem sie eben in naiv empiristischer Weise die vierdimensionale Formel einfach für reale Wirklichkeit erklärt. Ebenso ist die *Kausalität* nur eine Grundform des Denkens, aber nicht eine Aussage über die Weltwirklichkeit selbst.

III. EMPIRISMUS UND POSITIVISMUS IN DER PHYSIK

Zugleich aber erkennen wir, daß die beiden erkenntnistheoretischen Positionen, *Empirismus* und *Positivismus*, die ja eng verschränkt sind, und auf die wir im bisherigen Gedankengang wiederholt stießen, *allein* nicht physikalische Erkenntnis begründen können. «Die Aussagen, daß alle Erkenntnis nur aus der *Erfahrung* gewonnen werden kann, daß über die Natur von Raum und Zeit nur die *Messung* entscheiden könne usw., entbehren jeden absoluten Beweises und damit eines Beweises überhaupt. Jede Anwendung dieser Aussagen bedeutet also eine unvollständige Disjunktion, also einen logischen Fehler (da eben nicht bewiesen ist, daß nicht auch noch andere Fälle möglich sind)»¹¹.

Der Empirismus nun ist bekanntlich diejenige erkenntnistheoretische Richtung, die alle Erkenntnis bloß aus der Sinnes-Erfahrung, der Empirie ableitet; methodologisch ist er das Prinzip, alle Wissenschaft auf Erfahrung zu gründen. Sein Begründer in der neueren Philosophie ist *John Locke*, während *Francis Bacon* den methodologischen Empirismus ausgebildet hat. Für den Empirismus ist also die *Erfahrung* die einzige Erkenntnisquelle, als ob nicht, worauf *Goethe* immer wieder hingewiesen hat, jede «Erfahrung» schon eine «Theorie» enthielte und umgekehrt jede «Theo-

¹¹ *Hugo Dingler*: Zeitschrift für philosophische Forschung, Bd. V, Heft 4.

rie» eine Art «Erfahrung» sei. Daß der Empirismus allein nicht die Grundlage naturwissenschaftlicher Erkenntnis bilden kann, hat ja bereits *Kant* eindeutig dargelegt. Es soll damit jedoch keineswegs verkannt werden, daß der Empirismus Fortschritte in der Naturwissenschaft erzielen kann und auch tatsächlich erzielt hat, aber in das Wesen der Naturforschung vermag er eben nicht einzudringen. Denn darauf kommt es dieser ja gerade – zum Beispiel beim Problem der Kausalität – an, die einzelnen empirischen Beobachtungen nach allen Richtungen hin in ihren *notwendigen* Zusammenhängen lückenlos zu bestimmen und alles bloß *zufällige* Zusammentreffen auszuschalten. Dieses Geschäft vermag aber der reine Empirismus keinesfalls zu besorgen. *Kant* sagt daher ganz treffend: «*Erfahrung* lehrt uns wohl, was da sei, aber nicht, daß es gar nicht anders sein könne. Daher können empirische Beweisgründe keinen apodiktischen Beweis verschaffen» (Kr. r. V., 781).

In dem «Apriorischen» liegt also der Ansatzpunkt der Naturerkenntnis und zugleich der Scheidungspunkt zwischen dem *Empirismus* und der *Transzendentalphilosophie*, und hier ist auch die tiefste Wurzel jeglichen Streites zwischen der Naturwissenschaft und der Philosophie überhaupt. «Transzendental» ist eben, um mit *Schopenhauer* (Werke Reclamsche Ausgabe, Bd. 4, S. 102) zu sprechen, «die Anerkennung des Apriorischen und daher bloß Formalen in unserer Erkenntnis, als eines solchen, d.h. die Einsicht, daß dergleichen Erkenntnis von der Erfahrung unabhängig sei, ja dieser selbst die unwandelbare Regel, nach der sie ausfallen muß, vorschreibe, verbunden mit dem Verständnis, warum solche Erkenntnis dies sei und vermöge, nämlich weil sie die *Form* unseres Intellekts ausmache, also infolge ihres subjektiven Ursprungs». *Kant* selbst definiert wiederum: «Ich nenne alle Erkenntnis transzendental, die sich nicht sowohl mit Gegenständen, sondern mit unserer Erkenntnisart von Gegenständen, insofern diese a priori möglich sein soll, beschäftigt» (Kr. r. V., 83).

Man kann natürlich sagen, wie es eben im *Empirismus* geschieht, daß einen nur Erfahrungstatsachen interessieren und nur diese Element wirklicher Erkenntnis seien. Dabei setzt man dann aber auch – und darin steckt der Fehler – ohne Prüfung voraus, daß diese sogenannte wirkliche Erkenntnis *nur* aus der Erfahrung stamme. Das «Apriorische» wird dabei einfach übersehen bzw. verkannt. In einer solchen Auffassungsweise kommt es gar nicht zum Be-

wußtsein, was der tiefere Grund unserer Handlungen ist. Hier spielt aber der *Wille* eine maßgebliche Rolle. Aller *Empirismus* ist deshalb *Passivismus*. «Das aber bedeutet, daß der Mensch nur als Beobachter dasitzt, womit sein eigentliches Wesen, nämlich aktiv zu sein, völlig ausgeschaltet ist. Das ganze Meer möglicher menschlicher Handlungen wird abgeschnitten und der Mensch bloß auf's Wahrnehmen beschränkt»¹². Daß darin ein Teil der außerordentlichen Verarmung des Geistigen liegt, dürfte ohne weiteres einleuchten. In Wirklichkeit ist es aber so, daß zum Beispiel schon in der Anlage eines Experiments nach bestimmten Prinzipien der Vernunft ein Subjektives darinliegt, durch welches der betreffende Experimentator die Aussage der Natur in einer bestimmten Weise beeinflusst, sozusagen die Zeugenaussage in einer bestimmten Richtung dirigiert. Die Naturwissenschaft gelangt keineswegs durch Naturbeobachtung allein zu ihren Resultaten, sondern immer sprechen auch Überlegungen a priori, auf Grund derer dann erst später Experimente angestellt werden, maßgeblich mit.

Der reine Empirismus (mit allen seinen Abarten, wie Positivismus, von dem wir gleich zu sprechen haben) erweist sich also allein als in der Naturwissenschaft unhaltbar. Das sei noch an einem Kantischen Beispiel näher erläutert: «Daß zwischen zwei Punkten die kürzeste Verbindung die Gerade ist, kann logisch aus gar keiner *Erfahrung* abgeleitet werden, denn die Gerade selbst kann nur bis zu einer endlichen Annäherung Gegenstand der Erfahrung sein, man spricht daher von einer ‚mathematischen Geraden‘, d. h. einer Geraden, die in der reinen Anschauung des Raumes jeder Erfahrung erst zugrunde gelegt werden muß, damit solche in einem bestimmten Falle überhaupt erst gemacht werden kann . . .».

Eine mit dem Empirismus eng zusammenhängende erkenntnistheoretische Position, gleichsam ein Ableger desselben, ist der *Positivismus*. Er ist jene Richtung der Philosophie und Wissenschaft, die vom «Positiven», d. h. vom unmittelbar Gegebenen, Tatsächlichen ausgeht und alle wissenschaftliche Erkenntnis auf Tatsachenerkenntnis einschränkt. Erörterungen metaphysischer Art werden als nutzlos abgelehnt. Nach Erledigung der naturwissenschaftlichen Forschungsarbeit, so behauptet der Positivist, bleibt im Gegenstandsbereich der Naturwissenschaften nichts

¹² *Hugo Dingler: Zeitschrift für philosophische Forschung, Bd. VI, Heft 2.*

übrig, was sich stringent in anderer, etwa philosophischer, Weise bearbeiten ließe. Alle Probleme jenseits der rein empirischen Forschung sind bloße «Scheinprobleme», um einen Ausdruck *Rudolf Carnaps* zu gebrauchen.

Zweifellos hat der Positivismus das Verdienst, den einzig legitimen Ausgangspunkt jeglicher Naturforschung in den *Sinneswahrnehmungen* wiedergefunden zu haben und vor voreiligem Spekulieren und Generalisieren zu warnen. Man kann ihn deshalb auch als in naturwissenschaftlichen Kreisen weit verbreiteten Positivismus den «sensualistischen Positivismus» nennen. Darüber schreibt zum Beispiel der Physiologe *Max Verworn*: «Was ich von den Dingen unmittelbar weiß, sind nur meine eigenen Empfindungen. Analysiere ich nur einmal irgendein Ding, zum Beispiel ein Stück Kreide. Was kann ich von ihm sagen? Die Kreide ist weiß. Weiß ist meine Empfindung. Die Kreide ist schwer. Schwer ist meine Empfindung. Die Kreide ist hart. Hart ist meine Empfindung. Die Kreide ist kalt. Kalt ist meine Empfindung. Die Kreide hat eine bestimmte Form, die Form ist nichts weiter als ein bestimmter Komplex von Empfindungen. Wie ich auch das Stück Kreide untersuchen mag, ich finde immer nur meine eigene Empfindung. Was aber hier von der Kreide gilt, das gilt von allen Dingen»¹³.

Zu den bedeutendsten neuzeitlichen Positivisten zählt *Ernst Mach*, der zu den Mitbegründern des Kreises der Wiener Erkenntnistheoretiker zu rechnen ist, dem auch der *Carnap-Hahn-Neurath-sche* Physikalismus angehört. Dieser sogenannte «Wiener Kreis»¹⁴ wurde sich jedoch nicht bewußt, wie *Hugo Dingler* ganz richtig sagt, «daß seine Lehre selbst eine ganz einseitige und höchst problematische Metaphysik hinter sich hat: nämlich den metaphysischen

¹³ Zit. nach *Max Hartmann*: Allgemeine Biologie. Eine Einführung in die Lehre vom Leben. 3. Auflage, Jena 1947, S. 809.

¹⁴ Dazu gehören *Otto Neurath*, *Rudolf Carnap*, *Viktor Kraft*, *Felix Kaufmann*, *Friedrich Waismann* und *Moritz Schlick*. – 1929 erschien die Zeitschrift «Wissenschaftliche Weltauffassung – Der Wiener Kreis». 1930 erschien die Zeitschrift «Erkenntnis» (Herausgeber: *Carnap* und *Reichenbach*), 1934–1939 fanden «Kongresse für Einheit der Wissenschaft» statt. – *Physik* wird hier definiert als «ein Auffinden *begrifflicher* Zusammenhänge in den Inhalten der Sinnesbeobachtungen. In den begrifflichen Zusammenhängen finden wir die Notwendigkeit und nicht in den Sinneswahrnehmungen, wo sie die Empiristen allein und deshalb vergebens gesucht haben».

Empirismus mit allen seinen Phantasmen, besonders mit der Behauptung, daß die ganze Welt von in ihr sitzenden mathematischen Gesetzen (mögen sie etwa auch statistischer Art sein) regiert werde – während doch der ‚Wiener Kreis‘ gerade alle Metaphysik beseitigen will. Offenbar hat gerade der mangelnde Kontakt mit der Schulphilosophie es verhindert, daß man sich im ‚Wiener Kreis‘ dessen bewußt wurde»¹⁵.

Weiter verdient hier auch der bereits genannte *Moritz Schlick* Erwähnung, der seine Lehre auf die alte sensualistisch-empiristische These gründet, daß die «Wahrnehmungen» und «Empfindungen» das einzig Gegebene seien, aus denen die ganze physikalische Begriffswelt aufgebaut wird. Zwar bilden den Gegenstand der Physik, wie *Schlick* in seiner Abhandlung über «Positivismus und Realismus» sagt, nicht Empfindungen, sondern Gesetze.

Der mit dem Empirismus eng verschränkte Positivismus eines *Mach* und *Avenarius* scheint nur eine nicht ganz konsequente Erneuerung des *Hume'schen* Versuches zu sein, denn bei *Mach* und *Avenarius* spielen theoretische Setzungen, deren sich *Hume* strikt enthalten hatte, wieder eine große Rolle. Man muß aber an jede Theorie das Postulat stellen, zur Erklärung der Naturerscheinungen *überflüssige* Bestandteile zu vermeiden.

Es ist nun auffallend und daher bemerkenswert, daß auch innerhalb der modernen Physik, der Quantenmechanik, wiederum eine stark positivistische Tendenz und Scheu vor der Metaphysik sich bemerkbar macht. Was ist nun hier mit diesem Wort gemeint? Darüber ist jetzt das Wesentliche zu sagen. Dem heutigen Naturforscher, speziell Physiker, kommt es gar nicht mehr darauf an, *verstehend* in das Innere der Natur einzudringen. Ihm liegt auch nicht daran, die Naturvorgänge zu *erklären*, wie das etwa noch von *Newton* und der klassischen Physik beabsichtigt wurde, wo *erklären* die Zurückführung aller Naturvorgänge auf das mechanische Modell bedeutete. Bereits *Niels Bohr* hat darauf hingewiesen, daß jede Analyse des Begriffes *Erklärung* ihrem Wesen nach wohl immer mit einer Resignation bezüglich des Verständnisses unserer eigenen bewußten Gedankentätigkeit beginnen und enden muß. So hat der moderne positivistische Naturwissenschaftler in äußerster Zurückhaltung auf alles *Verstehen* und *Erklären* der Naturvorgänge

¹⁵ Zeitschrift für philosophische Forschung, Bd. V, Heft 4.

verzichtet und sich auf deren mathematische *Beschreibung* beschränkt. Weltanschaulich gesehen, wird damit aber – zum mindesten unbewußt – die Herrschaft des Menschen über die Natur, ganz im Gegensatz etwa zu Goethe, tendiert, so daß man nicht mit Unrecht von Naturbeherrschungswissenschaft sprechen kann. So ist der Gegenstand der heutigen Naturwissenschaft das Sammeln, Ordnen und Registrieren der unmittelbaren Beobachtungen und Erfahrungen. Auch *Werner Heisenberg* betont, daß nur beobachtete und beobachtbare Größen ein legitimes Recht innerhalb der physikalischen Theorien haben.

Die eigentliche Substanz der heutigen Naturwissenschaft sind also die experimentellen Tatsachen. Ihr Ziel betrachtet sie als erreicht, wenn es ihr gelingt (wie beispielsweise Maxwell bei seiner Erforschung der Elektrizität), auf Grund bisher beobachteter Experimente das Ergebnis künftiger Experimente *vorauszurechnen*. Wir sagten ja schon, daß der Physikalismus den einzig angebbaren Sinn der Kausalität in der *Vorausberechenbarkeit* sieht. Charakteristisch für die heutige Naturwissenschaft ist es, wenn man nach dem Gesagten in ihren Lehrbüchern und Abhandlungen immer wieder Worte findet wie «Beobachtungen», «Erfahrungen», «Erlebnisse im Laboratorium», die nicht mehr «erklärt» und «verstanden», sondern nur noch «beschrieben» werden können. So will man also in Bescheidenheit und Erwartung nur noch aus der Erfahrung lernen. So viel sei an dieser Stelle über das erkenntnistheoretisch Wesentliche der modernen wissenschaftlich-physikalischen Situation gesagt. Man kann aber – das sei gleich dazu bemerkt – nicht behaupten, daß alles, was sich mit der Quantenmechanik grundsätzlich nicht beobachten läßt, überhaupt prinzipiell nicht beobachtbar und damit gar im Sinne des Positivismus prinzipiell nicht vorhanden sei. Denn genau sowenig wie man jemand zwingend die Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile beweisen kann, kann man jemand den Glauben aufzwingen, daß nun die Gesetze der Quantenmechanik endgültig wären. Was sich beweisen läßt, ist allein dies, daß unter Zugrundelegung der als richtig angenommenen Gesetze der Mechanik ein Perpetuum mobile unmöglich ist. Desgleichen kann man nur beweisen, daß auf Grund der für richtig gehaltenen Gesetze der Quantenmechanik sich gewisse Dinge nicht beobachten lassen. In beiden Fällen kann sich alles übrige nur im Laufe der Zeit aus dem Mangel an gegenteiligen Erfolgen ergeben.

Weiter hat schon *Max Planck* dazu einmal ganz richtig bemerkt, daß die Grundlage, welche der Positivismus der Physik gibt, zwar fest fundiert, aber zu schmal sei. Das soll heißen, daß der Positivismus zwar ein solider und auch der richtige Ausgangspunkt der Naturwissenschaft sei, daß sie dabei aber nicht stehen bleiben darf, da erstens Wissenschaft, also auch Physik, wesentlich mehr und anderes ist als bloße Wiedergabe von Sinnesempfindungen in Sätzen wie den eben von *Verworn* vernommenen, entsprechend der Anweisung des Positivismus, und da zweitens dieser bei konsequenter Durchführung alle Wissenschaft vernichten würde. Denn diese hat es immer mit allgemeingültigen Urteilen zu tun. Das aber verneint gerade der Positivismus, so daß man seine hinsichtlich seiner Folgen innere Widersprüchlichkeit mit *Bruno Bauch*, den wir als Interpreten der klassischen Naturgesetzlichkeit unter den Philosophen bezeichnen dürfen, treffend so kennzeichnen kann: «Es gäbe nur einen allgemeingültigen Satz, nämlich den, daß es außer dem Satze – es gäbe keine allgemeingültigen Sätze – in der Tat keine gibt . . . Hält sich der Positivismus auch selbst nur für richtig, dann ist er schon falsch und hebt sich auf, da es Richtigkeit für ihn nicht geben kann. Hält er sich selbst aber nicht für richtig, dann scheidet er auch selber aus der Diskussion aus. Ja, er darf sich selbst auch nicht für unrichtig erklären, da dann diese Erklärung dann wieder richtig sein sollte. Ja, es darf in ihm weder Richtigkeit noch Unrichtigkeit geben. Wie immer er sich wendet, so hebt er sich auf, und darf sich auch nicht einmal so oder so wenden. In Fragen der Erkenntnis und der Wissenschaft hätte er konsequenterweise stumm zu sein, wie ein Fisch und er braucht es auch nicht zu sein, da er Konsequenz nicht kennen kann. Daher gibt es für ihn weder ja noch nein, und es gibt sie beide wieder. Sinn wird Unsinn, Unsinn wird Sinn, was alles selbst Unsinn ist»¹⁶.

Wir haben also zu zeigen versucht, daß die Ergründung der physikalischen Wirklichkeit nicht einfach einer empirischen Erfahrung überlassen bleiben darf, sondern daß transzendente Elemente dabei doch eine erhebliche Rolle spielen. Insbesondere haben wir gesehen, daß *Kausalität*, *Raum* und *Zeit* nicht aus Erfahrungserkenntnissen, weder den der klassischen Physik noch den der Atomphysik, heraus umgestaltet werden können. Dazu sind weder

¹⁶ Zit. nach Max Hartmann, a. a. O., S. 810.

Empirismus noch Positivismus in der Lage. Es ist also notwendig, daß sich die Forschung von solcher Beschränkung frei macht. Andererseits hat sich gerade durch Forschungen der modernen Atomphysik herausgestellt, daß – mit *Werner Heisenberg* gesprochen – «unsere raumzeitlichen Anschauungsformen und das Kausalgesetz nicht in dem Sinne unabhängig von aller Erfahrung sind, daß sie in alle Zukunft notwendig inhaltliche Bestandteile jeder physikalischen Theorie bleiben müßten».

Der scheinbare Widerspruch dieser Feststellung mit dem oben – mit *Heisenberg* – Gesagten, daß auch in der modernen Physik die Anwendbarkeit des Kausalgesetzes die Voraussetzung jeder objektiven wissenschaftlichen Erfahrung ist, löst sich, wenn man sich daran erinnert, daß die physikalischen Theorien nur in dem Bezirk eine von der klassischen Physik abweichende Struktur haben können, wo ihre Gegenstände nicht mehr Objekte einer unmittelbaren sinnlichen Erfahrung sind, wo sie also den Bereich der täglichen Erfahrung, die von der klassischen Physik beherrscht wird, verlassen. Insofern kann man allerdings – wiederum mit *Heisenberg* – sagen, daß die moderne Physik «die Grenzen, die der Idee des ‚a priori‘ in den exakten Naturwissenschaften gesteckt sind, genauer bezeichnet, als dies zu Kants Zeiten möglich war». Allerdings ist die Frage, wie weit diese Idee in den weiteren philosophischen Bereichen, die für Kant das Wesentliche waren, noch tragfähig bleibt, von dem neu gewonnenen Standpunkt aus eben erst in Angriff genommen worden, so daß zu ihrer Lösung noch viel zu tun übrigbleibt. Uns interessiert sie hier ja nur insofern, als sie die Beziehung zwischen Philosophie (Erkenntnistheorie) und Physik erhellt.

IV. MODERNE PHYSIK UND RELIGION

Aber auch zwischen moderner Physik und Religion hat man Beziehungen festzustellen versucht, von denen wir nur einige wesentliche herausgreifen wollen.

Sowohl von Seiten namhafter Physiker wie auch seitens bedeutender Theologen sind in unseren Tagen die moderne Physik, worunter wir hier immer die Quantenmechanik und Relativitätstheorie verstehen, und die Religion in Verbindung gebracht worden. Streng genommen, ist es zwar nicht richtig, wenn man häufig von

einer Begegnung zwischen Naturwissenschaft, in unserem Falle also Physik, und «Religion» spricht. Denn man kann «Religion» mit einer physikalischen Aussage eigentlich nur insofern in Beziehung setzen, als sie eine *Aussage* darstellt. Da ferner die physikalische Aussage eine *wissenschaftliche* Aussage ist, läßt sie sich nur insofern mit der religiösen Aussage vergleichen, als diese selbst auch eine wissenschaftliche, d. h. aber eine *theologische* Aussage ist. So müßte man, genau betrachtet, nur von einer Begegnung oder einer Beziehung von Physik und Theologie sprechen. Dennoch scheint uns der Gebrauch des umfassenderen Wortes «Religion», das den Begriff der «Transzendenz», auf den wir ja schon in der Kritik des Empirismus und Positivismus stießen, in sich schließt, durchaus angebracht zu sein.

Ein guter Ausgangspunkt für die Behandlung des Problems «Moderne Physik und Religion» ist die Frage des sogenannten theologischen Liberalismus, die sich so formulieren läßt: «Was kann Christentum noch bedeuten, wenn man das Gesetz der Kausalität und die Kategorien Raum und Zeit, mit denen wir uns bisher ja auseinandergesetzt haben, *absolut* setzt?»

Es geht bekanntlich in der Wandlung im naturwissenschaftlichen Weltbild, worauf auch *Karl Heim* in seinem gleichnamigen Werk hinweist, vor allem eben um diese drei Absoluta: die absolute Bestimmtheit des Naturgeschehens, in dem ein Ereignis notwendig aus den vorausgehenden Ereignissen folgt, den absoluten Raum und die absolute Zeit, in welche alle Naturvorgänge gleichsam eingebettet sind, und schließlich das absolute Objekt, also die Voraussetzung, daß es einen vom Beobachter oder Experimentator unabhängigen, objektiven Tatbestand gibt.

Dieses absolute Objekt verlor in dem Augenblick seine Absolutheit, als sich herausstellte, daß sich dasselbe Objekt, je nach der Stellung des beobachtenden Physikers und seiner Versuchsanordnung, einmal als Teilchen (Partikel) und das andere Mal als Welle darstellt, so daß man beide nicht gleichzeitig in *einem* Anschauungsraum sehen kann. Erst dann verschwindet der darin bestehende Widerstreit, daß sich dasselbe Objekt sowohl als Partikel wie auch als Wellenbild darstellen kann, wenn wir uns klargemacht haben, daß zu jedem uns erscheinenden Gesamtbild ein Subjekt (eben der beobachtende Physiker) gehört, das vom Objekt unzertrennlich ist. Weiter verloren der absolute Raum und die absolute Zeit, Newtons

Voraussetzungen, ihre absolute Geltung, als durch die Relativitätstheorie nachgewiesen wurde, daß alle raumzeitlichen Messungen vom Bewegungszustand des Beobachters abhängig sind. Das Kausalgesetz im Sinne der Vorausberechenbarkeit verlor seine Absolutheit, als sich zeigte, daß man gewisse Vorgänge im Atom nicht eindeutig, sondern nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit bestimmen kann.

Uns interessiert an dieser Stelle, daß nach der Auffassung *Karl Heims* alle diese Absoluta für die Gottesfrage insofern von entscheidender Bedeutung sind, als der Mensch für sein Denken und Leben daran Halt gesucht und auch gefunden hatte, so daß der theologische Liberalismus mit Recht seine genannte Frage stellen konnte. So wird es auch verständlich, daß es dem Menschen beim Zusammenbruch nur eines dieser Absoluta zunächst so zumute sein konnte, «wie wenn durch einen Erdstoß das ganze Weltall und alle seine Ordnungen ins Schwanken gekommen wären». Wenn alles, was wir sehen und beobachten, vom Subjekt mitbedingt wird und es kein absolutes Objekt mehr gibt, dann – so scheint es – ist nichts mehr vorhanden, auf das wir uns unbedingt verlassen können. Ebenso ist es mit dem absoluten Raum und der absoluten Zeit. Wir fühlen uns in der Welt geborgen, wenn wir in einem solchen Raum wohnen, der Maß und Ordnung hat. Noch schwerwiegender ist die Erschütterung der alten Überzeugung, daß der Gang des Naturgeschehens absolut determiniert ist, so daß *Oswald Spengler* von dem starken religiösen Gewicht dieser Grundüberzeugung sprechen konnte, in der er nur den profanen Ausdruck für dieselbe Urtatsache sah, die der religiöse Glaube meint, wenn er an der Prädestination festhält.

Karl Heim ist nun weiter der Meinung – und damit stoßen wir auf den Kernpunkt dieses Gedankenganges – daß der Zusammenbruch genannter Absoluta «jedesmal die Rückkehr zum Glauben an Gott als den einzigen, der wirkliche Absolutheit hat», als Folge nach sich zieht. Alle anderen für absolut gehaltenen Größen, so sagt er, gleichen Götzen, deren Altäre vor dem Zusammenbruch stehen oder schon zusammengebrochen sind.

Dieser Schluß ist aber ein denkerischer Kurzschluß, wie überhaupt ein solcher Rettungsversuch *Karl Heims*, bei dem man sich des Eindrucks nicht erwehren kann, daß sich gerade bei ihm seine Grundanschauung kaum gewandelt hat, er sie aber in geschickter

Weise auf gerade fällige Probleme anzuwenden versteht, nicht überzeugend wirkt. Bei dieser Gelegenheit sei angemerkt, daß sich zum Beispiel der Theologe *Rudolf Bultmann* mit der Art seiner vielumstrittenen Entmythologisierung, unbeschadet der darin enthaltenen Wahrheitsmomente, doch wohl noch zum Teil in der Welt von gestern befindet, die von dem heute überholten naturwissenschaftlichen Weltbild bestimmt war.

Es wäre nun ein Leichtes, nachzuweisen, daß ein solcher Zusammenbruch, von dem wir eben sprachen, auch geradenwegs zur Gottferne, zum Nihilismus führen kann. Von der Sache selbst her ist zu wiederholen, daß die Quantenmechanik zum Beispiel nur dargetan hat, daß die Absolutheit der Kausalität im Sinne der Vorausbestimmbarkeit auf einen bestimmten Geltungsbereich, nämlich den der sogenannten klassischen Physik, eingeschränkt werden muß, hier aber nach wie vor uneingeschränkt anwendbar ist. Daraus folgt aber für die jetzt anstehende Frage nur, daß die Ergebnisse der modernen Atomphysik und ihre theoretische Auswertung zwar zu solchen Anschauungen führen, die nicht mehr, wie zur Zeit der Alleinherrschaft der klassischen Physik, zum Glauben und religiösen Empfinden in direktem Widerspruch stehen. Von der unbezweifelbaren Tatsache her, daß der Typus der Gesetzlichkeit in der Mikrophysik ein anderer ist als der in der Makrophysik geltende, daß man also von einer «unverbrüchlichen», das gesamte Naturgeschehen alleinbeherrschenden Gesetzlichkeit im klassischen Sinne der Physik nicht mehr reden kann, wird der Weg zum Glauben jedenfalls nicht mehr versperrt. Daraus kann man aber keinen «naturwissenschaftlichen Gottesbeweis» ableiten. Ebenso wenig kann man wissenschaftlich gültig sagen, daß hinter den Ordnungen und gesetzmäßigen Zusammenhängen des Naturgeschehens, des makrophysikalischen sowohl wie des mikrophysikalischen, «nicht unbegreifliches Fatum, sondern ein lebendiger Gott steht». Dem frommen Glauben ist dieser Satz natürlich gestattet.

Aber nicht nur namhafte Theologen, wie *Karl Heim*, der mit Recht als einer der besten Kenner der Naturwissenschaften unter den Theologen gilt, versuchen solche «naturwissenschaftlichen Gottesbeweise» abzuleiten oder neigen doch zum mindesten dazu, sondern auch namhafte Physiker. So sagt es der vor einigen Jahren verstorbene Physiker *Bernhard Bavink* in seinem gleichbetitelten

Buche geradeheraus, daß die Naturwissenschaft auf dem Wege zur Religion sei, wemgleich er wohl auch in einer späteren Auflage dieser Schrift gewisse Einschränkungen dieser These gemacht hat. Weiter sagte *Max Planck*, dessen tiefstes Anliegen zumal in seinen letzten Lebensjahren es sicherlich war, seine wissenschaftliche Forschungsarbeit und seinen christlichen Glauben in Beziehung zu setzen, in seinem letzten in der Berliner Akademie gehaltenen Vortrage, daß für ihn mehr und mehr schon in den Formeln der Physik ein Beweis für die Existenz Gottes liege, «weil sich in ihnen ein geschlossener und einheitlicher, sparsamer und klarer Aufbau der Welt zeige». Aufgabe der Naturwissenschaft sei es, so heißt es in diesem Vortrage weiter, der von ihr gefundenen Ordnung einen Sinn zuzuerkennen. Dieser Sinn aber müsse «von außen», d. h. von Gott, gestiftet und könne nicht der Natur immanent sein.

Mit einiger Zurückhaltung äußert sich *Walther Nernst* in einer Rektoratsrede hinsichtlich des Kausalgesetzes dahin, daß eine gewisse Verwandtschaft der neuen Auffassung von diesem Gesetz mit theologischen Gedankengängen nicht zu verkennen sei, wobei er an *Karl Heims* Ausführungen zu diesem Punkte gedacht haben mag, die dartun, «daß das Naturgeschehen seinem innersten Wesen nach nicht ein toter Mechanismus ist, dessen Gang festliegt, sondern etwas in irgendeinem Sinn Lebendiges, das man in derselben Weise durch einen Einsatz des eigenen Willens beeinflussen kann wie etwa einen menschlichen Gegner».

Andere Physiker versuchen vor allem mit Hilfe der immer wieder angeführten Unbestimmbarkeitsrelation Heisenbergs, in welcher die empirisch feststellbare Tatsache ausgedrückt wird, daß jeder Messungsversuch die Bahn eines Elektrons und Photons in seiner gesetzlichen Abhängigkeit stört, die Freiheit des menschlichen Willens zu stützen und von daher zu einem Gottesbeweis zu gelangen. Leider beruft man sich dabei fast nur auf eine bestimmte Ausdeutung *Pascual Jordans*, welche dieser namhafte Physiker mit Hilfe der sogenannten Quantenbiologie und der «Verstärkertheorie des Lebens», die durchaus ernsten Nachdenkens wert ist, gegeben hat. Gewiß sind dabei Jordan einige philosophische Unvorsichtigkeiten unterlaufen, so daß man mit Recht darauf hingewiesen hat, daß es sich hier nicht um Gewißheiten, sondern um Hypothesen handelt. Niemals kann der Physiker den Satz, die Atomteilchen «entschieden sich frei», wenn er ihn schon gebraucht, anders als im Sinne

eines recht vagen Gleichnisses aussprechen¹⁷. Ebenso wenig aber kann man sagen, daß die atomaren Vorgänge «an sich» determiniert oder «an sich» zufällig seien. Dieses «an sich» ist vielmehr – darauf läuft die begriffliche Forderung der modernen Physik hinaus – in allen Sätzen solcher Art zu eliminieren.

Die in der Unbestimmbarkeitsrelation ausgedrückte Tatsache bedeutet jedenfalls noch nicht - das ist wiederum von der Sache aus gegen den angedeuteten Beweisversuch zu sagen - eine Aufhebung der streng kausalen Bedingtheit und ist deshalb als solche auch nicht geeignet, den mechanischen Determinismus des Naturgeschehens aus den Angeln zu heben. Die Einsicht, daß die Naturgesetzlichkeit in gewissen Bezirken des Naturgeschehens statistischer Art ist, läßt noch nicht die Aussage zu, daß die nur statistisch zu fassenden Vorgänge im Bereiche der Mikrostruktur nun chaotisch oder gar, wie eben einige Physiker (und auch Nicht-Physiker) meinen, «frei» seien. Einen Versuch, vom Standpunkt des oben definierten modernen naturwissenschaftlichen Positivismus «das Verhältnis von Theologie, Philosophie und Naturwissenschaft einmal mit möglichster Unbefangenheit neu zu durchdenken, ohne sich durch gewohnt gewordene Urteilsweisen beeinflussen zu lassen», unternimmt *Pascual Jordan*. «Bisherige Bestrebungen», so sagt *Jordan*, «Theologie und Naturwissenschaft *beide* anzuerkennen und irgendeine Form der Synthese zu suchen, welche die naturwissenschaftliche Erkenntnis zu ihrem Rechte kommen lassen möchte, ohne deshalb auf eine christliche Weltbetrachtung zu verzichten, waren stets so angelegt, daß die Philosophie als Brücke oder Zwischenglied aufgefaßt wurde, durch welche die scheinbar so unendlich weit getrennten Welten christlichen Glaubens und naturwissenschaftlicher Erkenntnis vereinigt werden sollten».

Indessen haben nach der Auffassung *Jordans* das naturwissenschaftliche und das theologische Denken tief innere Gemeinsamkeiten, die bisher nur völlig verdeckt und unserem Bewußtsein entzogen waren. Dieses Gemeinsame besteht darin, daß beide – Naturwissenschaft und Theologie – «eine nicht im Menschengestalt selbst angelegte, sondern ihm von außen gegenüber-

¹⁷ *Aloys Wenzl* betont, daß diese «Freiheit» natürlich nicht mit menschlicher Freiheit identisch, sondern ihr nur analog als «unbewußter» Drang aufzufassen sei.

tretende Wirklichkeit demütig hinnehmen und zu erkennen suchen».

Es ist eigentlich überraschend, so betont *Jordan*, daß in den theoretischen Erörterungen über die in Rede stehende Problematik die Tatsache, daß die religiöse Wahrheit durchaus *Erfahrungswahrheit* ist – sofern man «Erfahrung» im vollen Wortumfang versteht – meist unerwähnt bleibt. Auch die Religion lebt «aus der Breite und Tiefe der *Erfahrungstatsachen* religiösen Lebens», und Thesen, so schreibt *Jordan* weiter, «denen kein Inhalt von ‚Erfahrung‘ zugrunde liegt – weder im Sinne von Offenbarung noch im Sinne naturwissenschaftlicher Empirie – haben für das neue Zeitalter keine Verbindlichkeit mehr».

Zwar kann *Jordans* scharfe Ablehnung jeder Erkenntnis a priori philosophisch angefochten werden, aber es läßt sich nicht leugnen, daß sich seine hier kurz skizzierte Auffassung eng mit den Einsichten der neueren evangelischen Theologie berührt.

Weiter hat man behauptet, daß durch die moderne Atomphysik das Wunder – *H. Bergmann* hat diesen Ausdruck gebraucht – «naturwissenschaftlich möglich» geworden sei. Dazu bemerkt auch *Karl Heim*, daß das Wunder, das Gott tut, niemals im Gegensatz zum Naturgesetz oder zum Kausalzusammenhang stehe, weil das Naturgeschehen nach biblischer Auffassung kein Kausalmechanismus sei, dessen Durchbrechung gegenständlich aufgewiesen werden könne. Deshalb könne auch das in der Bibel bezeugte Wunder nie ein Experimentalbeweis für das Dasein Gottes sein¹⁸. Damit entfällt auch der Einwand *Karl Jaspers'*, der die Wunderbehauptungen zu den «nachprüfbaren und auf Grund der Nachprüfung widerlegten» rechnet, ganz abgesehen davon, daß sie doch nur für diejenigen widerlegt wären, der das naturwissenschaftliche Denken mit seinen ihm eigenen Kategorien zum Maßstab der biblischen Berichte macht, was aber sicherlich nicht angängig ist.

Wiederum ist von der Physik selbst her zu der Wunderfrage im Anschluß an *Eduard May* nur folgendes zu sagen. Man muß unterscheiden zwischen einem Wunder, das durch die Zusammenfassung

¹⁸ Vergleiche hierzu die interessanten Ausführungen von *Helmuth von Glasenapp* über die absolute Vorrangstellung Gottes und das Wunder in der Auffassung des Islams in dem Werke «Die fünf großen Religionen», Teil II, Eugen Diederichs Verlag Düsseldorf/Köln 1952, S. 432.

natürlicher Mittel zustande kommt und einem solchen, bei dem unmittelbar ein übernatürlicher Faktor in das Naturgeschehen eingreift. Bei dem Wunder erster Art handelt es sich darum, daß an und für sich natürliche Ereignisse infolge eines besonderen Umstandes, unter dem sie geschehen, eine übernatürliche Leitung denkmöglich machen. In einem solchen Falle kann die rein naturwissenschaftliche Analyse nur konstatieren, daß dieses oder jenes Ereignis «mit natürlichen Dingen» zugegangen ist. Jede weitere Aussage fällt in das Bereich der Theologie und Philosophie. Beim Wunder zweiter Art muß zunächst die naturwissenschaftliche Analyse einsetzen und festzustellen versuchen, ob es nicht doch durch «natürliche Faktoren» erklärt werden kann. Selbst aber wenn wir annehmen, daß Ereignisse stattgefunden haben und noch stattfinden, bei welchen solche «natürlichen Faktoren» zur Erklärung nicht ausreichen, müssen wir einsehen, daß das «Wunder» zu Zeiten der Alleinherrschaft der klassischen Physik ebenso gut möglich war, wie es heute angeblich möglich ist. Es ist für die Wunderfrage also völlig irrelevant, ob das neue oder das alte physikalische Weltbild gilt, ob diese oder jene Auffassung vom Kausalgesetz richtig ist. Man kann also ebensowenig wie mit Schlagworten wie «Einbruch der Freiheit in das Naturgeschehen» oder «Die entthronte Kausalität» mit der «Möglichkeit des Wunders» operieren. So lehnte es auch der Philosoph *Nicolai Hartmann* ab, aus gewissen empirischen Ergebnissen der modernen Atomphysik metaphysische Folgerungen zu ziehen, wenn er zum Beispiel schreibt: «Wie wurde es möglich, daß ein wild gewordener Positivismus von der Mikromechanik der Atome aus uns die Willensfreiheit und das Dasein Gottes beweisen will?»¹⁹

«Soweit hatte sich die eigentliche Philosophie von ihren Fundamenten verdrängen lassen», sagt mit Recht *Hugo Dingler*²⁰, «daß man auf philosophischer und theologischer Seite es als eine begrüßenswerte Unterstützung empfand, wenn vom Physikalischen her Gott als eine allumfassende Differentialgleichung (*Max Planck* und *Gustav Mie*) erklärt wurde oder behauptet wurde, die Elektronen sprängen aus ‚freiem Willen‘ umher. Welche geistige Not der Philosophie spricht aus der Tatsache, daß man solchen unverbindlichen verbalen Umkleidungen gewisser Meßresultate oder Glei-

¹⁹ Zeitschrift für philosophische Forschung, Bd. II, Heft 4.

²⁰ Zeitschrift für philosophische Forschung, Bd. VI, Heft 2.

chungen ‚religionsphilosophische Qualitäten‘ beilegte. Niemand wollte, wie es schien, die geistige Anstrengung aufwenden, sich einmal genau klar zu werden, was an wirklich Sicherbarem hinter solchen Behauptungen stäke. Das waren Formulierungen, die von Männern stammten, die gewiß sehr beachtenswerte und verdiente Fachphysiker waren, denen aber erkennbar die nötige Sachkenntnis gewiß nicht eignete, diese schwierigen Probleme zu überblicken».

Damit ist schon die Antwort auf die naheliegende Frage gegeben, wie solche bedeutenden Physiker, wie die genannten, zu solchen apologetischen Versuchen kommen konnten. Man kann diese Antwort auch so formulieren, daß diese Physiker hier eben «Grenzüberschreitungen» ihres eigentlichen Fachgebietes, der Physik, begehen. Für den *Physiker* ist die Welt grundsätzlich genau dort zu Ende, wo er nicht mehr *messen* kann. Physik ist Maß- und Zahlwissenschaft. In diesem mit Zahl und Maß erfaßbaren physikalischen Bereich aber hat Gott keine Bedeutung, wenn eben Physik Physik bleiben soll. Auch die moderne Physik ist «kein Fundament für eine in den Himmel reichende Jakobsleiter», und eine natürliche Theologie, «die auf der Leiter der natürlichen, physikalischen Welt von der höchsten Plattform in ihr transzendentes Luftschiff einsteigt», ist auch im modernen Gewande nicht möglich.

Wir erkennen also, daß wir im Rahmen der Physik selbst, auch der modernen Physik, wie überhaupt der Naturwissenschaft niemals zu einer Begegnung mit Gott kommen können, sondern daß diese auf einem ganz anderen Wege erfolgen muß. Nicht zufällig sind nachgerade die Physiker zu einem Gespräch mit Theologen unlustig geworden. Sie wollen nämlich gar nicht auf ihr physikalisches Weltbild, das sich aus ihrer Wissenschaft ergibt, angesprochen werden, sondern nur auf ihr eigentliches *Menschsein* mit allen seinen Nöten und Sorgen, die natürlich auch der Physiker, wie jeder andere Mensch, hat. Hier ist die einzige Stelle, an der es zu dem Versuche eines fruchtbaren Gespräches zwischen Physik und Theologie kommen kann. In Verfolgung dieses persönlichen Weges kann es dann auch im *Glauben* zu einer Begegnung mit Gott kommen. Dagegen ist ein physikalischer Gottesbeweis, wie wir gesehen haben, unmöglich und eine Bruchstelle in der jeweiligen Beweisführung leicht nachweisbar.

In klarer Erkenntnis dieses Sachverhaltes, d. h. wissend um die Grenzen naturwissenschaftlicher (physikalischer) und theologischer

Arbeit hat der Theologe *Edmund Schlink* das Verhältnis zwischen Theologie und Naturwissenschaft und damit auch das zwischen Religion und Physik gelegentlich in einigen Thesen herausgestellt. Im wesentlichen besagen diese Thesen auch, daß die Physik als solche nur Abläufe und Gesetzmäßigkeiten der Natur, soweit diese zähl- und meßbar ist, feststellen, aber von sich aus nie, wenn sie Physik bleiben will, zur Erkenntnis Gottes gelangen kann. Damit hängt es zusammen, daß jeder Versuch eines physikalischen Gottesbeweises für die eigentliche physikalische Wirklichkeit blind macht und mithin in den großen Irrtum Hegels verfällt, die rein empirischen Tatsachen zugunsten einer spekulativen (in unserem Falle religiösen) Vorentscheidung, die in der Philosophie Hegels durch sein System bedingt war, zu vergewaltigen. Physik ist eben keine Weltanschauung und erst recht keine Religion und kann auch von sich aus nicht dazu führen. Sondern Physik ist eine Wissenschaft, die es nur mit einem (soeben definierten) Teil der erfahrbaren Wirklichkeit zu tun hat. Sie kann deshalb wissenschaftlich haltbare Aussagen auch *nur* über diesen bestimmten Teil der Wirklichkeit machen. Alle anderen Aussagen sind Spekulationen. Es ist notwendig, das einmal mit Nachdruck zu sagen, weil sonst heillose Verwirrung und völlig falsche Vorstellungen entstehen können, die weder der Physik noch auch wahrer Religion irgendwie nützlich sind.

Zugrunde gelegte Literatur

1. *Bernhard Bavink*: Das Weltbild der heutigen Naturwissenschaften und seine Beziehungen zu Philosophie und Religion, Iserlohn 1947.
2. *Zeno Bucher*: Die Innenwelt der Atome; die Ergebnisse der Atomphysik naturphilosophisch bearbeitet. Zweite, vermehrte Auflage, Donauwörth 1950.
3. *Hedwig Conrad-Martius*: Naturwissenschaftlich-metaphysische Perspektiven, Hamburg 1948.
4. *Heimo Dolch*: Theologie und Physik. Der Wandel in der Strukturauffassung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und seine theologische Bedeutung, Freiburg 1951.
5. *Paul Droßbach*: Kant und die gegenwärtige Naturwissenschaft, Berlin 1943.
6. *Friedrich Engel*: Braucht der Physiker Erkenntnistheorie? Eine Gegenüberstellung von transzendentaler Philosophie und Naturwissenschaft, Halle a. S. 1929.
7. *P. Richard Gercken*: *Exakte* Naturwissenschaft und christlicher Glaube, Werl i. W. 1951.

8. *Max Hartmann*: Die philosophischen Grundlagen der Naturwissenschaften, Jena 1948.
9. *Karl Heim*: Die Wandlung im naturwissenschaftlichen Weltbild. Die moderne Naturwissenschaft vor der Gottesfrage, Hamburg 1951.
10. *Werner Heisenberg*: Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft. Achte, erweiterte Auflage, Stuttgart 1949.
11. *Gerhard Hennemann*: Das Verhältnis der Quantenmechanik zur klassischen Physik, Bonn 1947.
12. *Gerhard Hennemann*: Grundlagen der Atomphysik, Neues Abendland, 1949, Heft 9.
13. *Gerhard Hennemann*: Das Verhältnis der modernen Atomphysik zur klassischen Physik, Natur und Kultur, 1950, Heft 7.
14. *Gerhard Hennemann*: Gibt es eine metaphysikfreie Physik?, Glaube und Forschung, Zweite Folge.
15. *Gerhard Hennemann*: Die Wandlung der Physik, Westermanns Monatshefte, 1951/1952, Heft 6.
16. *Gerhard Hennemann*: Philosophie und Naturwissenschaft (Wissenschaften im Zusammenspiel), Die Welt vom 10. Juli 1952.
17. *Gerhard Hennemann*: Naturwissenschaft und Theologie, Heute und Morgen, 1952, Heft 12.
18. *Wilhelm Holzappel*: Sinnbestimmungen zu den Grundlagen der exakten Wissenschaften, Darmstadt 1948.
19. *Günter Howe*: Vorbemerkungen zum Gespräch zwischen Theologie und Physik: Evangelische Theologie, 1947, Heft 1/2.
20. *Pascual Jordan*: Erkenntnis und Erfahrung, Zeitwende, Jahrgang 23, Heft 8.
21. *Gerhard Kropp*: Die philosophische Verantwortung in der Physik, Berlin-Hannover 1948.
22. *Gerhard Kropp*: Die Aufgaben der Naturphilosophie in der Gegenwart, Philosophische Studien, Band II, Heft 3–4.
23. *Eduard May*: Die Bedeutung der modernen Physik für die Theorie der Erkenntnis, Leipzig 1937.
24. *Rolf Reißmann*: Die Versöhnung von Wissenschaft und Religion, Weltbild, Jahrgang 7, Nr. 1.
25. *Edmund Schlink*: Thesen über Theologie und Naturwissenschaften, Evangelische Theologie, 1947, Heft 1/2.
26. *Dieter Smidt*: Der Physiker an den Theologen, Die neue Furche, Jahrgang 5, Heft 11.
27. *Lothar von Strauß und Torney*: Der Wandel in der physikalischen Begriffsbildung, Braunschweig 1949.
28. *Carl Friedrich von Weizsäcker*: Der begriffliche Aufbau der theoretischen Physik (Vorlesung, gehalten in Göttingen im Sommer 1948, als Manuskript vorliegend).
29. *Carl Friedrich von Weizsäcker*: Beitrag zur Diskussion über Kausalität, Studium Generale, Jahrgang 2, Heft 2.
30. *Aloys Wenzl*: Metaphysik der Physik von heute, Hamburg 1951.
31. *Walter Wessel*: Kleine Quantenmechanik, Freiburg 1949.
32. *Hermann Weyl*: Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft, München 1928.