

β) Unter Destillation mit Äther... Man löst 2 g Natrium in 66 cm³ Cyclohexanol, zerteilt die beim Erkalten wachsartig werdende Masse in grobe Brocken und füllt sie in einen 2-l-Rundkolben, wo man sie mit 300 cm³ trocknen Äther überschichtet. Man fügt bei 10° ein Gemisch von 0,3 Mol Nitrosoalkylamino-isobutyl-methylketon und 600 cm³ trocknen Äther hinzu und erwärmt den Kolben im schwachen N₂-Strom allmählich auf dem Wasserbad. Die Dämpfe passieren zunächst einen kurzen, auf 35° gehaltenen Kühler, um das entstandene Mesityloxid zurückzuhalten, und werden dann in einem Kühler kondensiert und in etwas vor-

gelegtem Äther unter Kühlung aufgefangen. Man destilliert, bis das Kondensat farblos ist. Die Ausbeuten betragen im Falle des Diazomethans 69--75%, bei Diazoäthan 69%, bei Diazopropan 65% d. Th. Vinyl-diazomethan läßt sich nach diesem Verfahren in etwa 40%iger Ausbeute gewinnen^{3).}

Einige physikalische Daten: Diazoäthan: Kp._{89,5}--18°; Diazo-n-propan: Kp.₄₂₀ -8°; Diazo-n-butan: Kp.₂₆ --5,5°; Diazo-iso-butan: Kp.₈₂ 0°.

Höhere Diazoalkane s. Kenner u. Mitarbeiter^{3).}

Eingeg. 22. November 1941. [A. 90.]

Die moderne Atomlehre und die Philosophie

Von Dr. C. F. Freiherr v. WEIZSÄCKER, Bln.-Dahlem

(Fortsetzung von S. 104 und Schluß)

III. Kant und die Quantenmechanik.

1. Thesen Kants. Wir können hier nur gleichsam einen Pfeiler des großen Baus der Kantschen Philosophie betrachten, freilich den zentralen: seine Lehre von den Voraussetzungen und dem Objekt der empirischen Erkenntnis. Sie ist angedeutet durch die zwei Gegensatzpaare a priori — a posteriori und Erscheinung — Ding an sich.

Nach *Kant* hebt zwar alle unsere Erkenntnis mit der Erfahrung an, sie entspringt aber nicht alle aus der Erfahrung. Es gibt vielmehr Erkenntnisse a priori, d. h. Erkenntnisse, die ihre Rechtfertigung nicht der Erfahrung entnehmen. Wie kann man nachweisen, daß es solche Erkenntnisse tatsächlich gibt, und wie kann man begreifen, daß es sie geben kann?

A priori sind nach *Kant* alle die Erkenntnisse, denen Notwendigkeit und Allgemeinheit zukommt.

„Erfahrung lehrt uns zwar, daß etwas so oder so beschaffen sei, aber nicht, daß es nicht anders sein könnte. Findet sich also erstlich ein Satz, der zugleich mit seiner Notwendigkeit gedacht wird, so ist er ein Urteil a priori... Zweitens: Erfahrung gibt niemals ihren Urteilen wahre oder strenge, sondern nur angenommene und komparative Allgemeinheit (durch Induktion), so daß es eigentlich heißen muß: Soviel wir bisher wahrgenommen haben, findet sich von dieser oder jener Regel keine Ausnahme. Wird also ein Urteil in strenger Allgemeinheit gedacht, d. i. so, daß gar keine Ausnahme als möglich verstatte wird, so ist es nicht von der Erfahrung abgeleitet, sondern schlechthin a priori gültig“⁽²⁾.

Da diese Argumentation zwingend ist, sahen sich die empiristischen Gegner *Kants* gedrängt, die Notwendigkeit und Allgemeinheit der von *Kant* postulierten Erkenntnisse a priori zu leugnen. Wie wollen uns nicht in diese Debatte verlieren, sondern alsbald den Grund jener Leugnung prüfen. Es ist dies die empiristische Grundansicht, daß es gar keine Erkenntnis a priori geben könne, da Erfahrung unsere einzige Erkenntnisquelle sei. Haben wir diesen Einwand beseitigt, so können wir immer noch die einzelnen angeblich apriorischen Erkenntnisse prüfen.

Daß es Erkenntnisse a priori geben kann, sieht man nach *Kant* daraus ein, daß es sie geben muß, wenn es überhaupt Erkenntnis durch Erfahrung geben soll. Erkenntnis a priori ist nach *Kant* die Bedingung der Möglichkeit empirischer Erkenntnis. Sie ist das Element in unserer Erkenntnis, das nicht den Dingen, sondern unseren eigenen Erkenntnisvorgängen entstammt. *Kant* macht also das, was wir normalerweise als empirische Erkenntnis oder empirische Wissenschaft unkritisirt hinnehmen, zum Objekt der Untersuchung und unterminiert damit in der Tat den Boden, auf dem das empiristische Gegenargument ruht. Er schlägt damit genau den Weg ein, den wir vorhin auf Grund unserer Analyse der Erfahrungsurteile für nötig hielten.

Man wird aber nicht sagen können, daß er diesen Weg bis zu Ende gehe. Fragt man nämlich, wie er die Notwendigkeit der Erkenntnis a priori für das Zustandekommen von Erfahrung nachweise, so wird man auf den anderen Gedankengang, der einfach das Bestehen der Erkenntnis a priori behauptet, zurückgeführt. *Kant* untersucht nämlich, welche von den Anschauungen, Begriffen und Urteilen, die unsere Erkenntnis ausmachen, nach seinem Kriterium der Notwendigkeit und Allgemeinheit a priori seien, und zeigt dann nur, daß ohne diese Erkenntnisse die übrigen nicht bestehen könnten. Er zeigt nicht in concreto, wie es bei der Fundierung der empirischen Erkenntnis auf die apriorische eigentlich zugeht (das Problem wird nur angerührt im Abschnitt vom Schematismus der reinen Verstands begriffe der Kritik der reinen Vernunft) und sichert damit zugleich seine apriorischen Er-

kenntnisse nicht im einzelnen gegen den empiristischen Einwand. Er kann dies beides allerdings wohl gar nicht leisten, weil er sowohl den Begriff des Dings als auch den der Erfahrung naiv verwendet, als wir es heute dürfen.

Welche Erkenntnisse sind nun für *Kant* a priori? A priori sind zunächst die analytischen Urteile, deren Prädikat nichts ausspricht, als was im Begriff des Subjekts bereits gedacht ist. Die hierin liegende Problematik, zu der die moderne Logik einiges zu sagen hat, müssen wir hier beiseite lassen. A priori sind ferner die Formeln der reinen Anschauung: Raum und Zeit; die Kategorien des Verstandes, unter denen die für die Physik wichtigen Begriffe Substanz und Kausalität angetroffen werden; schließlich zahlreiche synthetische Urteile, insbesondere die Axiome der Arithmetik und der (euklidischen) Geometrie. Wichtig ist es, welche Urteile der Physik a priori sind. In dieser Frage zeigt sich eine Entwicklung der Ansichten *Kants*. In der Kritik der reinen Vernunft werden einige Grundsätze, z. B. der von der Erhaltung der Materie, von der Trägheit, von der Gleichheit von Aktion und Reaktion, als einer „reinen“, d. h. nichtempirischen Physik zugehörig genannt. In den metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft wird schon das Gravitationsgesetz a priori eingeführt. Und im Opus Postumum geht diese Tendenz so weit, daß man zweifeln kann, ob nicht — in heutiger Sprache — die sämtlichen Prinzipien der klassischen Physik als a priori gelten müßten. Man muß wohl in der Unsicherheit, die sich in dieser Entwicklung äußert, die Folge der soeben bemerkten Unklarheit über den Zusammenhang der apriorischen Erkenntnis mit der empirischen sehen. —

Die Idee der Erkenntnis a priori hat tiefgreifende Folgen für die Lehre vom Gegenstand der Erkenntnis. *Kant* geht aus von einer rein realistischen Denkweise. Er redet von Dingen oder Gegenständen, die unser Gemüt vermittels seiner, Sinnlichkeit genannten, rezeptiven Fähigkeit affizieren und Empfindungen hervorbringen. Dasjenige Wissen, das wir a priori besitzen, ist nun aber per definitionem nicht eine Folge dieser Einwirkung der Dinge auf unser Gemüt, selbst wenn es uns erst bei dieser Gelegenheit bewußt wird. Da also dieses Wissen nicht aus den Dingen stammt, kann man aus ihm auch nichts auf die Dinge folgern. So ist z. B. der Raum eine notwendige Form unserer äußeren Anschauung, denn wir können uns Gegenstände gar nicht anders als im Raum vorstellen. Aber eben weil wir dies a priori wissen, können wir es nicht durch Erfahrung den Gegenständen abgelesen haben, und somit können wir die Räumlichkeit den Gegenständen, so wie sie an sich sind, nicht mit Grund zuschreiben. Erkenntnis wovon ist dann aber die Erkenntnis a priori? Sie ist die Voraussetzung für die Möglichkeit der Erfahrung, also Erkenntnis von den notwendigen Eigenschaften der Dinge, sofern wir Erfahrung von ihnen haben — die Dinge als Erscheinung. Da aber alle unsere Erkenntnis auf der Erkenntnis a priori beruht, wissen wir von den Dingen an sich überhaupt nichts, sondern alle unsere Erkenntnis bezieht sich auf die Erscheinung.

Erscheinung darf aber nicht mit „bloßem Schein“ verwechselt werden. Dinge können uns ja überhaupt nicht anders gegeben sein, als indem sie uns „erscheinen“, und jeder Begriff, über den sinnvolle positive Aussagen gemacht werden können, also auch der des Scheins, kann nur innerhalb des Bereichs der Erscheinung angewandt werden. Meine ich, auf der Straße komme mir Herr Meier entgegen und entdecke beim Näherkommen, daß es nicht Herr Meier ist, so war mein erster Eindruck bloßer Schein; aber ich habe ihn eben als Schein enthüllt, indem ich die „Erscheinung“ des Entgegenkommenden genauer prüfte. *Kant* erklärt in dem Ab-

²⁾ Kritik der reinen Vernunft, 2. Aufl., S. 3/4 der Originalausgabe.

schnitt der Kritik der reinen Vernunft über „Phaenomena“ und „Noumena“ ausdrücklich, daß von dem Begriff des „Dinges an sich“ nur der negative Gebrauch gemacht werden dürfe, dasjenige anzugeben, worüber überhaupt keine positive Aussage sinnvoll gemacht werden kann.

Man erkennt die Verwandtschaft dieser Gedanken mit der oben angeführten Kritik des Wirklichkeitsbegriffs. Man hat es daher *Kant* als Inkonsistenz vorgeworfen, daß er den Begriff des Dings an sich überhaupt noch gebrauchte und nicht als unsinnig ganz aus der Philosophie ausschloß. In der Tat müßte schon die Ausgangsbehauptung, daß die Dinge unsere Sinnlichkeit „affizieren“, also die Ursache unserer Empfindungen sind, nun unter das Verbot positiver Behauptungen über das Ding an sich fallen; denn auch die Kategorie der Kausalität, die hier verwendet wird, hat ihren legitimen Anwendungsbereich nur innerhalb der Erscheinung. Man müßte denn *Kant* so interpretieren, daß es die Dinge als Erscheinung seien, welche uns affizieren; doch würde dadurch die ganze Argumentation, daß wir von den Dingen nichts a priori wissen, falsch, da ja die Erscheinung nur mittels der Erkenntnis a priori zustande kommt und man über sie daher in der Tat a priori etwas wissen kann.

Kant selbst hat sich anders entschieden. Viele Stellen der Kritik der reinen Vernunft verlieren jeden Sinn, wenn man das Ding an sich streicht. Die „Widerlegung des Idealismus“ der zweiten Auflage beweist, daß *Kant* damals gar nicht die Möglichkeit in Betracht zog, die Frage, „ob es Dinge außer uns gebe“ in dieser Form als sinnlos abzuweisen. Zweifellos hat sein System damit an einer entscheidenden Stelle eine logische Inkonsistenz. Wir glauben aber, daß eben durch diese Bruchstelle Sachverhalte den Weg in *Kants* System gefunden haben, die wegen seiner zu engen Voraussetzungen sonst daraus ausgeschlossen gewesen wären. Eben diese Vermutung macht eine Neuinterpretation *Kants* doppelt wichtig. —

Wir schließen zum Vergleich mit der Atomphysik noch eine Bemerkung über *Kants* Antinomienlehre an. Nach *Kant* gibt es Fragen, die sich unserem Denken unausweichlich aufdrängen, auf die aber gleichwohl keine Antwort gegeben werden kann, weil sie den Bereich der möglichen Erfahrung grundsätzlich hinter sich lassen. Hierdurch entstehen Antinomien: das sind Paare einander entgegengesetzter Antworten auf dieselbe Frage, welche beide begrifflich einwandfrei begründet werden können. Die Auflösung dieses „dialektischen Scheins“ liegt eben darin, daß schon die Ausgangsfrage, als nichts über mögliche Erfahrung besagend, abgewiesen werden muß, und daher die Vernunft, wenn sie sich doch auf diese Frage einläßt, gleichsam leerläuft und unter dem Schein positiver Aussagen in Wahrheit nichts aussagt.

Wir betrachten als Beispiel die zweite Antinomie, die des Atomismus. Hier lautet die Thesis: „Eine jede zusammengesetzte Substanz in der Welt besteht aus einfachen Teilen, und es existiert überall nichts als das Einfache oder das, was aus diesem zusammengesetzt ist“, und die Antithesis: „Kein zusammenge setztes Ding in der Welt besteht aus einfachen Teilen, und es existiert überall nichts Einfaches in derselben“. Der Beweis der Thesis lautet im wesentlichen: „Denn, nehmen an, die zusammenge setzten Substanzen beständen nicht aus einfachen Teilen; so würde, wenn alle Zusammensetzung in Gedanken aufgehoben würde, kein zusammenge setzter Teil und (da es keine einfachen Teile gibt) auch kein einfacher, mithin gar nichts übrigbleiben, folglich keine Substanz sein gegeben worden.“ Der Beweis der Antithesis bemerkt, daß jeder einfache Teil der Substanz (jedes „Atom“) notwendigerweise noch einen gewissen Raum erfüllt, und daß wir, indem wir die Teile des erfüllten Raumes denken, bereits auch Teile des Atoms denken.

Vom heutigen, mehr phänomenalistischen Standpunkt aus, der statt „zusammenge setzt“ lieber „teilbar“ sagt, mögen diese Beweise fragwürdig erscheinen. Sie sind es nicht von einem streng realistischen Standpunkt aus, der durch die Annahme wirklicher Dinge, deren Eigenschaften nicht (wie z. B. „teilbar“) in Hinblick auf unsere praktischen Fähigkeiten definiert sind, die Phänomene nicht nur beschreiben, sondern „erklären“ will. So erweist sich *Kants* Gedankengang wiederum als Kritik des Dingbegriffs, sofern dieser die Grenzen möglicher Erfahrung überschreitet. Denn in der Tat kann durch den direkten Versuch nicht entschieden werden, ob Materie unbegrenzt teilbar sei oder nicht. Einen praktischen Atomismus der Physik hingegen, der seine kleinsten festgestellten Teilchen

im Bewußtsein der darin liegenden Fiktion so behandelt, als ob sie unteilbar wären, hält *Kant* geradezu für einen besonders fruchtbaren Gedanken.

2. Vergleich mit der Quantenmechanik. Wir stellen nun der Lehre *Kants* ein konkretes Modell zur Seite, indem wir sie als Beschreibung der Erkenntnissituation der modernen Physik interpretieren. Diese Interpretation setzt eine absichtliche Naivität voraus. Denn *Kant* beansprucht, mit denselben Begriffen eine präzise Erkenntnislehre der Physik und „jede künftige Metaphysik, die als Wissenschaft wird auftreten können“, fundiert zu haben. Indem wir nun seine Begriffe an Hand einer ihm noch unbekannten Situation auf die Physik hin deuten, wird uns ein Teil ihrer auf die Metaphysik zielenden Bedeutung entgleiten. Doch dürfte dieses vorübergehende Entgleiten gerade auch für die metaphysische Auswertung der *Kantschen* Philosophie nützlich sein, weil es gestattet, die von *Kant* oft in einen Knoten geschlungenen Päden der verschiedenen Problembereiche einzeln zu verfolgen.

Der Physiker erforscht die Dinge der Außenwelt. Er gewinnt von ihnen Kenntnis nur mittels der sinnlichen Erfahrung. Somit ist jede Kenntnis, die wir überhaupt von den Dingen erhalten, anschaulich; und, damit aus ihr überhaupt eindeutig geschlossen werden kann, muß sie in einem kausalen Zusammenhang stehen. Dies wissen wir a priori, d. h. unabhängig von dem einzelnen Erfahrungsakt. Anschaulichkeit und Kausalität sind aber zunächst noch vage Ausdrücke. Ihren exakten Sinn bekommen sie erst im Begriffssystem der klassischen Physik. Für den heutigen Physiker, der weiß, daß er jede Erfahrung in der Sprache der klassischen Physik formulieren muß, ist de facto die gesamte klassische Physik a priori. Dies wird an keinem Beispiel so deutlich wie an dem der quantenmechanischen Dualismusexperimente; denn diese legen den Grund zu einer nichtklassischen Theorie lediglich durch klassisch interpretierte Meßresultate.

Nun gibt es aber an den Dingen einiges zu erforschen, was unserer sinnlichen Erfahrung nicht direkt gegeben ist, z. B. die kleinsten Teilchen, aus denen die Dinge bestehen. Denkt man an die Bedeutung der Atomlehre in der Chemie, so wird man sogar geneigt sein zuzugeben, man habe erst verstanden, wie die Dinge an sich selbst sind, wenn man die Art ihres Aufbaus aus ihren kleinsten Teilen verstanden hat. Selbst wenn dieses Verständnis einmal durch ein noch tieferes abgelöst werden sollte, ist es jedenfalls tiefer als das durch die direkte Erfahrung vermittelte.

Wie können wir aber von den Atomen etwas erfahren? Letzten Endes nur durch sinnliche Wahrnehmung, also in der Sprache der klassischen Physik. Gerade weil wir aber a priori, d. h. durch bloße Berücksichtigung der Art, wie wir experimentieren, wissen können, daß wir vom Atom nur diejenigen Wirkungen direkt erfassen können, die sich klassisch darstellen lassen, haben wir keinen empirischen Grund, zu folgern, auch die Atome selbst, sofern sie nicht beobachtet werden, müßten den Gesetzen der klassischen Physik genügen. Die klassische Physik gibt die Art und Weise an, in der das Atom allein in Erscheinung treten kann; eben darum sagt sie nichts über das Atom an sich aus.

Indem wir aber so den Begriff eines „Atoms an sich“ bilden, zerrißt er uns bereits wieder unter den Händen. Über das Atom an sich weiß die Physik überhaupt nichts durch Erfahrung. Dieses Vakuum wird von der Quantenmechanik ausgenutzt, um einen scheinbaren Widerspruch in der Erfahrung zu beseitigen. Teilchen- und Wellenbild widersprechen einander dann, wenn man die beobachteten Erscheinungen als Eigenschaften an sich seender Teilchen oder Wellen deutet. Der Widerspruch verschwindet, wenn man die anschaulichen Begriffe von Teilchen und Wellen konsequent nur auf Erscheinungen anwendet. Der Begriff des Atoms an sich hat nun nur die negative Bedeutung, zu zeigen, welche Art von Begriffen man in die Physik nicht einführen soll. Nicht einmal objektive physikalische Existenz, d. h. die Fähigkeit, physikalisch definierbare Prädikate zu haben, selbst wenn wir sie nicht kennen, darf man dem „Atom an sich“ zusprechen. Bis hierher läßt sich *Kants* Gedankengang wörtlich übertragen.

Nun gibt es aber keine festgelegte Grenze zwischen Dingen, von denen wir Erfahrung haben, und Dingen, von denen wir keine Erfahrung haben. Wir zwingen das Atom ja gerade durch das Experiment, in Erscheinung zu treten. Für die logische Verknüpfungsform der Komplementarität,

d. h. für die Tatsache, daß die zur Hervorbringung einer bestimmten Erscheinung notwendigen experimentellen Hilfsmittel das Auftreten gewisser anderer Erscheinungen unmöglich machen, fehlt nun aber das Analogon in der Lehre *Kants*. Das hängt eng damit zusammen, daß *Kant* die Rolle des Willens beim Aufbau der empirischen Welt nicht genug berücksichtigt. Die Komplementarität erlaubt, die Verknüpfung zwischen den Erscheinungen der atomaren Welt nicht nach dem Modell des „Atoms an sich“ und doch in angebbarer Weise, nämlich durch die statistische ψ -Funktion, herzustellen. So entsteht eine nichtklassische Physik der Atome, welche den apriorischen Charakter der klassischen Physik gleichwohl nicht leugnet, sondern voraussetzt.

Besonders instruktiv ist vielleicht die Anwendung der Komplementarität auf die Atomismus-Antinomie. Die „Atome“ der Chemie sind bekanntlich physikalisch weiter teilbar in Kern und Elektronen. Für die Chemie aber beruht ihre ausgezeichnete Bedeutung gerade darauf, daß sie mit chemischen Methoden nicht weiter teilbar sind, und daß sie zudem, sofern sie denselben Isotop desselben Elements angehören, untereinander alle exakt gleich sind. Es ist also die erste Aufgabe der Atomphysik, diese chemischen Grundtatsachen zu erklären. Dies ist nun aber dem klassischen Teilchenbild, nach dem sich die Elektronen auf beliebigen Bahnen um den Kern bewegen können, unmöglich. Man braucht dazu vielmehr den Begriff des stationären Zustands. Er behandelt, so wie wir ihn nach der Wellenmechanik verstehen, das Atom als Ganzes und verzichtet auf die Angabe der Bahn der Elektronen. Wenn nun aber jemand fragt, wo im Atom sich in einem bestimmten Augenblick ein Elektron befindet, so kann er durch eine Ortsmessung alsbald eine konkrete Auskunft erhalten. Bei dieser Ortsmessung wird aber der Impuls des Elektrons so weit unbestimmt, daß es nunmehr in der Mehrzahl der Fälle befähigt ist, den Atomverband zu verlassen. Man hat dann also zwar den Ort des Elektrons erfahren, aber das chemische Atom zerstört.

Man sieht, daß diese „Komplementarität von Chemie und Mechanik“ genau die Argumente der *Kantschen Atomismus-Antinomie* verwendet. Will man Chemie, d. h. die Erklärung der Eigenschaften der Materie durch das Zusammenwirken ihrer kleinsten Teile, so müssen diese Teile unzusammengesetzt gedacht sein. Dann darf es aber keinen Sinn haben, davon zu reden, was in den Teilen des von ihnen ausgefüllten Raumes geschieht. Will man umgekehrt Atommechanik, d. h. will man wissen, was im Innern des Atoms geschieht, so kann man durch ein Experiment die Antwort erhalten. Damit vernichtet man aber das Atom und hat ein Gebilde in der Hand, das zusammengelegt und analysierbar, aber in dieser Form niemals Baustein der uns in der Erfahrung gegebenen Materie ist.

3. Folgerungen für den Begriff „a priori“. Was haben wir nun aus diesem Vergleich gelernt?

Zunächst haben Begriffe, die von *Kant* absolut gemeint waren, einen eigentümlichen Relationscharakter bekommen. Eine Erkenntnis a priori sollte nach *Kant* nicht nur Voraussetzung, sondern auch Bestandteil jeder möglichen, auf ihr Objekt bezüglichen Wissenschaft sein. Die Aprioritäten der klassischen Physik aber sind zwar methodische Voraussetzung, aber nicht inhaltlicher Bestandteil der Quantenmechanik; oder genauer, inhaltlicher Bestandteil nur so weit, daß die klassische Physik ein Grenzfall der Quantenmechanik bleibt. Sie werden zwar nicht falsch, aber — eine von *Kant* nicht vorausgesehene Möglichkeit — in der Anwendbarkeit beschränkt. D. h. es wird zwar keine nicht raumzeitliche Erfahrung, keine bei Nachprüfung nicht kausale Verknüpfung von Erfahrungen aufgewiesen. Aber es zeigt sich, daß eine durchgängige Verknüpfung aller Erfahrungen in einem klassischen Modell nicht möglich ist, und daß wir nur zu wählen haben, wo wir durch experimentelle Nachprüfung klassische Verknüpfungen schaffen wollen und wo nicht.

Eine dieser Voraussetzungen a priori ist der praktische Realismus im weiter oben definierten Sinn, d. h. die Tatsache, daß uns nicht „Eindrückungen an sich“, sondern Wahrnehmungen von Dingen gegeben sind, und daß man in der Weise der klassischen Physik auch von gerade nicht wahrgenommenen Dingen unbedenklich reden darf. Dies ist ein relativ, berechtigter Gebrauch des Ausdrucks „Ding an sich“. Seine Grenze ist die Grenze des praktischen Realismus. Der Zusammenhang mit dem absoluten Begriff des Dings

an sich, den *Kant* benutzt, besteht zunächst nur in der formalen Identität des *Kantschen Schlusses* auf die Unerkennbarkeit des Dings an sich mit unserem Schluß auf die Möglichkeit eines nichtklassischen Verhaltens der Atome.

Unsere Einstellung zum Apriori in der modernen Physik unterscheidet sich von den üblichen Auffassungen. Zwei von ihnen sind leicht zurückzuweisen, da sie das Problem nicht sehen. Dies sind die dogmatisch-empiristische These, welche überhaupt die Existenz apriorischer Elemente in der Erkenntnis leugnet, und die dogmatisch-aprioristische These, welche die Ergebnisse der modernen Physik leugnet, weil sie den vorgefaßten Begriffen von Erkenntnis a priori widersprechen. Mit der ersten haben wir uns zur Genüge auseinandergesetzt; die zweite sollte schon durch die logische Möglichkeit einer Theorie wie der Quantenmechanik auf die Fragwürdigkeit ihrer Voraussetzungen hingewiesen werden. Eine dritte, ernster zu nehmende Möglichkeit ist der Versuch, die Erkenntnis a priori nicht, wie wir es tun, unzudeuten, sondern in ihrem Umfang einzuschränken. Auch in der Quantenmechanik gilt ja noch eine erweiterte „Kausalität“, wenn man zuläßt, daß mathematisch formulierte Wahrscheinlichkeitszusammenhänge unter diesen Begriff fallen. Überhaupt ist die reine Mathematik (Arithmetik, Analysis, allgemeine Formen der Geometrie) für sie ein selbstverständliches, a priori gegebenes Denkmittel.

Doch scheint uns diese Auffassung einerseits zu bescheiden, andererseits zu kühn zu sein. Sie ist zu bescheiden, indem sie nicht beachtet, daß in dem eingeschränkten Sinn der methodischen Voraussetzung in der Quantenmechanik auch das klassische Kausalprinzip und die euklidische Geometrie gilt; dieser Sachverhalt muß doch jedenfalls philosophisch beachtet werden. Sie ist wahrscheinlich zu kühn, wenn sie hofft, durch Einschränkung der Ansprüche *Kants* doch noch ein festumgrenztes System von Erkenntnissen a priori zu finden, die Bestandteile jeder künftigen Wissenschaft sein müssen. Über die letzte Frage kann zwar nur die zukünftige Entwicklung der Wissenschaft bündig entscheiden. Aber der einmalige Mißerfolg der Voraussage *Kants* läßt uns daran zweifeln, ob seine Kriterien überhaupt ausreichen, um Erkenntnisse a priori in seinem absoluten Sinn zu ermitteln.

Wir kehren damit zurück zur Kritik von *Kants* Begründung der Erkenntnisse a priori überhaupt. Man unterscheidet die psychologische und die transzendentale Aufweisung eines Apriori. Erstere zeigt nur, daß wir eine bestimzte Vorstellung unentzündbar haben, und daß sie vielleicht genetisch die Quelle bestimpter anderer Vorstellungen ist. Letztere geht hingegen von fertiger, zugestandener Erkenntnis aus und untersucht logisch ihre notwendigen Voraussetzungen. Man pflegt nur die letztere als echte Aufweisung gelten zu lassen, da das psychologische Vorhandensein einer Vorstellung ja nicht ihre logische Notwendigkeit beweist. Obwohl nun aber *Kant* selbst die Idee der transzendentalen Aufweisung gefaßt hat, ist sein tatsächliches Aufweisungsverfahren gegen das psychologische nicht deutlich abgegrenzt. Psychologischer Natur ist z. B. die Begründung der Apriorität des Raumes durch den Satz: „Man kann sich niemals eine Vorstellung davon machen, daß kein Raum sei, ob man sich gleich ganz wohl denken kann, daß keine Gegenstände darin angetroffen werden“ (Kr. d. r. V., 2. Aufl., S. 38). Diese Art der Argumentation begegnet uns nun aber überall in der Kritik der reinen Vernunft. Als zweites Beispiel sei nur noch die Begründung für den synthetischen Charakter der Gleichung $7 + 5 = 12$ (Kr. d. r. V., 2. Aufl., S. 15) genannt, mit dem Argument „... und ich mag meinen Begriff von einer solchen möglichen Summe noch so lange zergliedern, so werde ich doch darin die Zwölfe nicht antreffen“. Gerade der Gefühls-ton des „noch so lange“ läßt den Eindruck einer gewissen Unsicherheit entstehen, welche dem Kenner der modernen Axiomatisierungsprobleme der Mathematik begreiflich ist. So werden wir schließlich auf die generelle Frage geführt, ob eigentlich daraus, daß man ein Urteil „zugleich mit seiner Notwendigkeit denkt“, bereits folgt, daß man es mit Recht zugleich mit seiner Notwendigkeit denkt. Das Entsprechende gilt von der Allgemeinheit der Urteile.

Diese Frage darf nicht mit der empiristischen Kritik der Begriffe Notwendigkeit und Allgemeinheit verwechselt werden. Der Empirist oder „Psychologist“, der unsere Begriffe „wahr“, „notwendig“ und „allgemeingültig“ psychologisch „erklären“ will, übersieht, daß er im selben Atemzug Sätze aufstellt, die er für wahr hält, aus denen er Folgerungen zieht,

die ihm notwendig scheinen usw. Anders ausgedrückt: Die Begriffe der Logik bezeichnen Phänomene unseres Bewußtseins, die uns unmittelbar gegeben sind; schon ehe wir die empiristische Frage stellen, wissen wir, was „wahr“, „notwendig“ usw. heißen soll. Es kann nun eine lehrreiche Untersuchung sein, der psychologischen Genese dieser Begriffe nachzuspüren. Aber wie beim Versuch, die gegebenen „Dinge“ der Erfahrung nach „Empfindungen“ zu analysieren, ist auch hier der logische Tatbestand methodisch das Gegebene, und die psychologische Deutung ist eine Hypothese, die ihr Recht erst von Fall zu Fall durch ihre Leistung zu erweisen hat.

Indem wir aber voraussetzen, daß die Frage nach Notwendigkeit und Allgemeingültigkeit eines Urteils sinnvoll ist, dürfen wir bezweifeln, ob es eine absolute, d. h. einmalige und endgültige Antwort auf diese Frage gibt. Den Glauben an einen derart absoluten logischen Wert von Urteilen teilt Kant mit fast der gesamten Tradition unserer Philosophie. Anderer Meinung sind fast nur die Skeptiker, die aber mit den Deutungen zugleich die Phänomene verwerfen und so die Probleme leugnen, statt sie zu lösen. Anderer Stimmung freilich ist auch Platon, wenn er durch Dialektik und Mythos die Spannung des Erkenntnisakts vor dem Abgleiten in den fixierten, gleichsam gefrorenen Aussagesatz rettet. Und stellt nicht in der Tat der logische Absolutismus ebenso eine Übertreibung des Gegebenen dar wie etwa die Interpretation des praktischen Realismus durch den prinzipiellen?

Was war uns über die Rolle der Sprache in der Philosophie deutlich geworden? Wir brauchen die Sprache, um überhaupt philosophieren zu können. Andererseits wissen oder ahnen wir von jedem Wort, daß es nicht genau ein Gegebenes bezeichnet. Wir haben kein Mittel, dem ein für allein abzuhelfen, sondern können nur von Fall zu Fall einzelne Worte unter Verwendung anderer, selbst unkritisierter Worte kritisieren. Wir haben keinen Grund zu der Vermutung, daß das im Bereich des Denkens anders sein werde als im Bereich der Wahrnehmung. Wir brauchen Begriffe, die diesem eigenständlich schwebenden Charakter aller Erkenntnis gerecht werden.

In diesem Sinn ist unsere Deutung des Begriffs „a priori“ gemeint. Daß jedes Experiment klassisch beschrieben wird, wissen wir nicht sicherer, als daß jede Erfahrung von der Außenwelt räumlich ist; der erste Satz ist sogar um so viel fragwürdiger, als er mehr behauptet. Beide Sätze haben nicht logische, sondern faktische Notwendigkeit. Man sollte nicht sagen: „Jedes nur mögliche Experiment muß klassisch beschrieben werden“, sondern: „Jedes wirkliche, uns bekannte Experiment wird klassisch beschrieben, und wir wissen nicht, wie wir es anders machen sollten.“ Diese Aussage genügt nicht, um zu beweisen, daß der Satz für jede nur mögliche künftige Erkenntnis a priori ist. Aber das ist auch nicht die Anforderung der konkreten wissenschaftlichen Situation. Uns genügt zu wissen, daß er für die Quantenmechanik a priori ist. Das bedeutet, daß er gilt, unabhängig von jeder einzelnen derjenigen Erfahrungen, die in der Quantenmechanik überhaupt betrachtet werden, und zwar deshalb, weil er die Bedingung der Möglichkeit derartiger Erfahrungen angibt. Dieser Nachweis, der am fertigen System der Quantenmechanik vollzogen werden kann, ist im genauen Sinn der obigen Definition eine transzendentale Aufweisung, nur in dem bescheideneren Rahmen, den unsere veränderte Auffassung bedingt.

Indem „a priori“ so zu einem Relationsbegriff wird, bestehen keine Bedenken, eine Erkenntnis, die in bezug auf eine zweite a priori ist, unter einem anderen Aspekt gleichwohl als empirisch zu bezeichnen. Z. B. ist ja die klassische Physik selbst an Hand der Erfahrung entstanden. In ihr gibt es wiederum Verhältnisse, die dem Verhältnis ähnlich sind, das sie zur Quantenmechanik hat; z. B. setzt die Elektrodynamik die Mechanik methodisch voraus. Die klassische Mechanik selbst ist wiederum nicht rein empirisch oder rein a priori. Sie vom soeben gewonnenen Standpunkt aus zu analysieren, wäre eine der nächsten Aufgaben.

Wir wollen diese Aufgabe hier nicht mehr angreifen, sondern nur noch auf zwei miteinander zusammenhängende Eigentümlichkeiten derartiger Probleme hinweisen. Die Mechanik ist das methodische Apriori der Elektrodynamik, und die ganze klassische Physik dasjenige der Quantentheorie. Inhaltlich hingegen ist das Verhältnis umgekehrt. Die Quantentheorie ist eine fundamentalere Naturerkenntnis als die klassische Physik und erklärt z. B. selbst erst die Möglichkeit der Existenz fester Körper, die doch in der klassischen Physik

notwendig sind, um überhaupt die elementaren räumlichen Maßbestimmungen zu realisieren. In diesem spezifischen Sinn erklärt also die Erkenntnis a posteriori nachträglich erst, was in der Erkenntnis a priori schon vorausgesetzt war. Es ist ein Fehler vieler erkenntnistheoretischen Ansätze, diesen fruchtbaren Zirkel aller Erkenntnis nicht beachtet zu haben.

Diese Tatsache kann auch ein eigentliches Umschlagen der Aprioritätsverhältnisse zur Folge haben. Wollten wir z. B. die klassische Mechanik analysieren, so würden wir bei der Frage, was uns denn eigentlich empirisch gegeben sei, nicht mehr um die konkrete Analyse der Sinneswahrnehmung herumkommen. In dieser zeigt sich auf einmal, daß wir — da wir die klassische Physik besitzen — die Objekte dieser Wahrnehmung sehr viel besser kennen als den Wahrnehmungsvorgang selbst (und zwar nicht nur als den physischen Vorgang im Sinnesorgan, sondern als das Phänomen der Empfindung). In einem veränderten Sinne wird nun also die klassische Physik für die Wahrnehmungstheorie a priori. Es würde sich wohl allerdings empfehlen, zur Kennzeichnung dieser verwickelten Situationen, die Kant nicht voraussehen konnte, den nun schon sehr beanspruchten Begriff „a priori“ durch genau angepaßte Begriffe zu ersetzen.

4. Meditationsstufen. Wir haben uns in die Anwendung der Begriffe Kants auf die Physik verloren und nicht beachtet, daß sie die Grundlage einer allgemeinen Philosophie, ja einer Metaphysik bilden sollten. Wenn aber die geplante Philosophie der Physik von der philosophischen Seite her Vertrauen verdienen soll, müssen wir, ehe wir auch nur ihr Programm fest aufstellen, noch einmal zu jenem tiefsten Anliegen Kants zurückkehren. Haben wir überhaupt noch einen festen Punkt, von dem aus wir philosophieren können?

Als Physiker sind wir vom Realismus ausgegangen, der seinem Anhänger durch den Glauben an die objektive Existenz der Dinge metaphysische Beruhigung verschafft. Als wir die Fragwürdigkeit des metaphysischen Realismus erkannten, schien uns Kants Begriff des Apriori wenigstens einen absolut sicheren Punkt in den Fundamenten des eigenen Denkens zu gewährleisten. Nun scheint das Apriori selbst aus einer notwendigen zu einer bloß faktischen Gegebenheit zu werden, die jedenfalls weiterer Zergliederung fähig und bedürftig ist. Wir versuchen noch einmal, der Probleme Herr zu werden, indem wir die Quelle der Schwierigkeiten selbst zum Ursprung einer neuen Betrachtungswise machen. Der Gedanke des Apriori bezweckte, Phänomene, die uns aus den Objekten der Erkenntnis heraus unverständlich waren, durch einen Blick auf die Bedingungen, unter denen überhaupt Objekte erkannt werden können, begreiflich zu machen. Nun haben wir einen schwelbenden Charakter der wissenschaftlichen Begriffe gefunden, der mit unseren Vorstellungen von Wissenschaft nicht vereinbar scheint; um ihn zu begreifen, treten wir für einen Augenblick neben die Wissenschaft und schauen die Bedingungen an, unter denen sie als Prozeß des menschlichen Bewußtseins überhaupt möglich ist.

Wir haben uns entschlossen, nicht zu sagen: „Jedes Experiment muß klassisch beschrieben werden“, sondern einfach: „Jedes Experiment wird klassisch beschrieben“. Damit ist unseren Sätzen die faktische, fast möchte man sagen, historische Situation der Physik zugrunde gelegt. In der Tat hat Aristoteles seine Erfahrungen noch nicht klassisch beschrieben; und obwohl wir es uns nicht vorstellen können, können wir nicht logisch ausschließen, daß eine spätere Menschheit wiederum eine andere Beschreibung wählen wird als wir; es ist ja nicht einmal bewiesen, daß unsere Anschauungs- und Wahrnehmungsfähigkeiten konstant sind. Um von dem klar reden zu können, was wir tatsächlich wissen, brauchen wir auch keine Spekulationen über das zu machen, was wir nicht wissen. Sollte man nicht sagen, die historische Situation des menschlichen Bewußtseins gehöre mit zum Apriori der Physik?

Nach dem Sensualismus und dem Psychologismus tritt uns hier im Historismus zum drittenmal die Versuchung entgegen, den Begriff des Wissens unvermerkt durch den eines genetisch erklärten Meinens zu ersetzen. Aber gerade wenn wir diese Versuchung abweisen, können wir dem „historischen Apriori“ erst seinen genauen Sinn geben. Wir behaupten also nicht, es gebe bloß historisch bedingtes Meinen und kein Wissen. Formal nicht, weil man, indem man „Meinen“ sagt, den Begriff „Wissen“ schon voraussetzt. Inhaltlich nicht, weil z. B. die Physik die Verbindung zwischen den historisch bedingten Formen ihres Wissens geradezu postuliert; so ist alles, was

an der Physik des *Aristoteles* überhaupt richtig ist, in der klassischen Physik enthalten, wenn auch z. T. in anderer Ausdrucksweise, und das Entsprechende erwarten wir für das Verhältnis unserer Physik zu jeder zukünftigen. Wir schließen uns auch nicht der gefährlicheren historistischen Formel an, jede Epoche habe ihre eigene Wahrheit, wenigstens nicht, wenn der Begriff „Wahrheit“ dabei so naiv verstanden wird, daß er auch die Wahrheit der Physik mit umfaßt, und wenn zugelassen wird, daß die „Wahrheiten“ verschiedener Epochen einander widersprechen. Denn dann ist der Satz nur eine gewandtere Umschreibung des vorhergehenden. Andere Zeiten können anderes wissen als wir, und sie können auch nachweisen, daß wir uns geirrt haben, aber wenn wir sagen, etwas sei wahr, so meinen wir damit jedenfalls, daß zu keiner Zeit das Gegen teil wahr sei. Daß die Ausdrucksweisen sich ändern und daher gelegentlich nicht widersprechende Inhalte in widersprechender Form ausgedrückt werden, ist natürlich zugegeben. Ebenso ist zugegeben, daß verschiedene Bewußtseinszustände durch entgegengesetzte Aussagen in jeweils „wahrer“ Weise ihre Haltung zu den tiefen menschlichen Fragen dokumentieren können; aber diesen Sachverhalt wünschen wir eben in einer Weise zu berücksichtigen, die den Sinn der wissenschaftlichen Wahrheit nicht zerstört.

Indem wir aber in dieser Weise den Sinn wissenschaftlicher Sätze, ihren Anspruch, wahr zu sein, gegen eine historische Relativierung schützen, müssen wir gleichwohl zugeben, daß uns die Wahrheit faktisch immer nur in der Form gegeben ist, welche der Bewußtseinszustand unserer Epoche zuläßt, und daß nicht einmal die Möglichkeit besteht, über die dadurch gesetzten Grenzen hinaus zu spekulieren. Wenn wir nach einem deutlichen Begriff für diese Tatsache suchen, müssen wir Ausschau halten nach einem bekannten Vorgang im Bewußtsein, der ebenfalls den vollen Wahrheitsanspruch mit der anerkannten Abhängigkeit vom jeweiligen Zustand des Bewußtseins verbindet. Wir finden ihn in der Meditation.

Meditation ist eine Aneignung einer Wahrheit durch das Bewußtsein, bei der nicht nur der Inhalt, sondern die Struktur des Bewußtseins verändert wird. Sie hängt damit zusammen, daß Erkenntnis selbst ein Lebensvorgang ist. Vergleichen wir sie einem Vorgang der vitalen Sphäre des menschlichen Lebens. Beim Reitenlernen nützt es mir nichts, daß der Reitlehrer und auch ich selbst wissen, was ich in jeder Lage tun müßte; der Augenblick muß kommen, in dem ich instinktiv das Richtige tue, in dem ich „reiten kann“. Diese Fähigkeit aber wird nur erworben durch den Versuch, zu reiten, obwohl ich es zweifellos zunächst nicht kann, und durch fortgesetzte Übung. Ebenso verhält es sich, wenn ich das noch ungebärdigere Pferd der Erkenntnis reiten will. Stetes Auschauen, Durchdenken, Sichvergegenwärtigen und Einüben der Wahrheit, im Wechsel zwischen dem Durchwandern des schon bekannten Gebietes und dem immer wiederholten Anklopfen an Türen, die sich noch nicht geöffnet haben, in der ständigen Bereitschaft, das eigene Wesen der erkannten Wahrheit anzugeleichen — das etwa ist der Beitrag, den der Wille zur Meditation leistet. Der Vorgang, der sich dann vollzieht, wenn diese Willenseinstellung da ist, stammt aus den Kräften des Unbewußten und besteht in einer langsam, aber tatsächlichen Verwandlung der Beschaffenheit des Bewußtseins. Er ist in seinem Wesen nicht verschieden von jedem Vorgang des Reifwerdens. Auch der Erwachsene hat ein anderes Bewußtsein als das Kind; er hat andere Willenseinstellungen und Triebe, und er verwendet Vorstellungen und Begriffe mit Selbstverständlichkeit, die für das Kind überhaupt keinen begreiflichen Sinn haben. Alle höhere Erkenntnis aber kann nicht ohne eine bewußte Einstellung des Willens auf den Erkenntnisvorgang gewonnen werden, und es gibt Erkenntnisse, die nur auf dem im strengen Sinn meditativen Wege zugänglich sind.

Wollen wir die Bedeutung der Meditation „erkenntnistheoretisch“ bezeichnen, so greifen wir noch einmal auf den Begriff des „Gegebenen“ zurück. Es sind uns keineswegs elementar Empfindungen gegeben, sondern Dinge und ähnliche Sinneinheiten. Was uns aber gegeben ist oder wird, hängt von unserem eigenen Zustand ab. Wer reiten kann, weiß aus dem Instinkt heraus, was er vorher höchstens theoretisch wußte. Dem Kind, das noch nicht lesen kann, ist ein bekritzelter Papier gegeben, dem lesenlernenden Kind Buchstaben, dem Erwachsenen ganze Worte und selbst Sätze, und zwar so, daß die Buchstaben nicht mehr einzeln gegeben sind (wenn es nicht so wäre, blieben beim Korrekturlesen nicht so viele Druckfehler stehen). Im unmittelbaren persönlichen Kontakt

sind mir viele von den Seelenregungen meiner Mitmenschen gegeben; durch eine veränderte Einstellung aber, z. B. durch Mißtrauen, können sie mir verlorengehen. Die Bedeutung der Einstellung des „Glaubens“ für das Bewußtsein beruht nicht darauf, daß der Glaube Unbewiesenes für wahr hält, sondern darauf, daß er durch das Wegräumen des im Zweifel liegenden „Mißtrauens“ die Voraussetzung dafür schafft, daß uns gewisse nicht leicht zugängliche Sachverhalte „gegeben werden“ können. In diesem Sinne kann man nun auch sagen: Die Meditation verändert das Bewußtsein so, daß ihm etwas gegeben wird, was ihm vorher nicht gegeben werden konnte.

Alle Schulen systematischer Meditation kennen den Begriff der Meditationsstufen. Es liegt im Wesen der Meditation, daß sie sich die Wahrheit, die nicht auf einmal erfolgen werden kann, allmählich aneignet. Auf diesem Wege gibt es Stationen, die der Reihe nach durchlaufen werden müssen, weil eine die Voraussetzung, das „Apriori“ der nächsten bildet. Selbstverständlich bedeutet dies kein starres Schema; es sind plötzliche Durchblicke in eine an sich noch unzugängliche Tiefe oder Höhe möglich. Aber es ist in unerhörbar erstaunlich, wie gesetzmäßig sich die Entwicklung des Bewußtseins vollzieht.

Die Entwicklung der Wissenschaft und der Philosophie muß kann als eine große Meditation aufgefaßt werden. Die Entwicklungsphasen, von denen jeweils die spätere die frühere gleichzeitig voraussetzt und relativiert, entsprechen den Stufen der Meditation. So bezeichnet in der Frage nach dem Gegenstand der Physik der mit der klassischen Physik meist verbundene metaphysische Realismus eine erste Stufe. Die skeptische und sensualistische Kritik des Realismus ist eine antithetische Zwischenstufe, ein Übergangszustand, der nur die negative Bedeutung hat, die Notwendigkeit des Heraustretens aus der ersten Stufe klar zu machen. Die quantenmechanische Verwendung des Dingbegriffes nur in bezug auf mögliche Beobachtungen, welche bewußten Gebrauch von der Tatsache macht, daß die Physik ein Wissen des Menschen ist, bedeutet eine neue positive Stufe.

Jede Stufe kann durch das charakterisiert werden, was auf ihr notwendig und allgemein gilt, durch ihr Apriori im psychologisch absoluten Sinne. Wenn durch den Übergang zur nächsten Stufe dieses Apriori als solches aufgelöst wird, so wird es damit doch nicht als Erkenntnis entwertet; es wird zu einer speziellen wissenschaftlichen Einsicht mit einem angebaren Geltungsgrund und angebbaren Geltungsgrenzen.

Der Übergang von einer Stufe in die nächste, obwohl durch Argumente veranlaßt, kann nicht logisch erzwungen werden. Der Schritt aus einer Stufe heraus bedeutet stets zuerst einen Schritt ins Dunkel. Denn die beiden Stufen, als verschiedene Bewußtseinszustände, verstehen einander im Grunde nicht, vor allem die frühere nicht die spätere. Die frühere kennt die geistigen Phänomene nicht, die der späteren gegeben sind, und muß darum notwendigerweise jeden Versuch, von ihnen zu reden, mißverstehen; sie wird in unserem Beispiel jede Kritik des metaphysischen Realismus als einen Zweifel an der „Wirklichkeit“ der physischen Dinge auffassen müssen. Die spätere Stufe ihrerseits enthält allerdings die Fundamentalsätze der früheren unter ihren „empirischen“ Urteilen; sie verliert aber im allgemeinen mehr und mehr das Verständnis für die besondere metaphysische Dignität, die diesen Sätzen vorher zugeschrieben wurde, und kommt bei Debatten in die Schwierigkeit, gar nicht mehr in einer für sie selbst sinnvollen Sprache formulieren zu können, was mit jenen Sätzen über ihre empirische Bedeutung hinaus gemeint war.

Wie haben wir nun *Kant* zu deuten? Er beginnt auf der Stufe des metaphysischen Realismus. Von ihr wird er fortgedrängt, nicht wie die moderne Physik durch Erfahrungen, sondern durch die Entdeckung des Apriori. Er erkennt, daß das, was der metaphysische Realismus glaubt, gar nicht aus den ihm gegebenen Erfahrungen abgeleitet werden kann und doch auch nicht weggelassen werden darf, weil es die Voraussetzung dafür darstellt, daß ihm diese Erfahrungen gegeben werden können. Durch diese Erkenntnis gewinnen die Sätze des Realismus aber eine veränderte Bedeutung; eine neue Meditationsstufe ist erreicht. Diese Stufe sucht *Kant* anzudeuten durch die Unterscheidung von Erscheinung und Ding an sich. Er braucht im Grund den Begriff des Dinges an sich nur, um das Ding als Erscheinung in seinem Charakter als „Gegenstand“ und gleichzeitig in seiner ausdrücklichen Bezogenheit auf den erkennenden Menschen festzuhalten; es also vor dem Zurückgleiten entweder in die naiv-realistische oder in eine ebenso naive solipsistische Deutung zu bewahren. Diese Gefahr liegt

in der Lehre Kants deshalb besonders nahe, weil er auf rein philosophischem Wege zu der neuen Stufe gelangt ist und daher die Naturwissenschaft, die er vorfindet, nicht in ihrer Struktur ändert, sondern nur umdeutet. Vom rein physikalischen Standpunkt aus kommt daher die „kopernikanische Wendung“ Kants doch nur auf eine Änderung der Nomenklatur hinaus, aus der nichts folgt. Erst die Quantenmechanik hat dieselbe Meditationsstufe auf physikalischerem Weg erreicht und hat von der neuen Freiheit, die sie der physikalischen Begriffsbildung gibt, Gebrauch gemacht zur Schaffung einer Physik,

die gar nicht mehr realistisch gedeutet werden kann. So hat eigentlich erst die moderne Physik das leere Schema der Kantischen Lehre von der Natur ausgefüllt, freilich unter den in einem solchen Fall unvermeidlichen Änderungen und Umdeutungen.

Nun bleibt die noch ungelöste Aufgabe, eine der Meditationsstufe der Quantenmechanik entsprechende Philosophie wirklich durchzuführen. Es war aber vielleicht erlaubt, diese vorläufigen Betrachtungen gleichsam als Bitte um Zusamenarbeit und Kritik jetzt schon vorzulegen. *Eingeg. 21. November 1941. [A. 91.]*

VERSAMMLUNGSBERICHTE

Physikalische Gesellschaft zu Berlin und Deutsche Gesellschaft für technische Physik.

Sitzung am 3. Dezember 1941
im I. Physikalischen Institut der Universität Berlin.

E. Lau: Ein optischer Diffusitätsmesser (Schattenprüfer) und seine Anwendung in der Photographie.

Das menschliche Auge ist nicht in der Lage, Kontraste (Intensitätsverhältnisse) und wirkliche Lichtintensitäten richtig zu beurteilen. Daher sind alle Schätzungen über die Verteilung von Licht und Schatten bei photographischen Objekten unzuverlässig. Besonders bei Porträtaufnahmen wirkt sich aber eine falsche Beleuchtung sehr ungünstig aus, wie an Hand einiger Beispiele gezeigt wurde. Bei einem guten Bild muß jeder Schatten mit einer plastischen Form in Beziehung stehen, und jede Form muß durch ihren Schatten hervorgehoben werden. Zu tiefe Schatten ergeben ungenügende Durchzeichnung.

Zur Prüfung des Körperschattens, d. h. zur objektiven Beurteilung der Beleuchtungsverteilung an einer bestimmten Stelle (Objekt), wurde ein Schattenprüfer entwickelt, der von den Sendlinger Optischen Glaswerken hergestellt wird. Er besteht im wesentlichen aus einem System von sechs konzentrischen schwarzen Ringen, deren Dicke von innen nach außen etwa logarithmisch abnimmt. In geringem Abstand davon befindet sich eine Mattscheibe, durch die die Ringe betrachtet werden. Zur Vergrößerung ist noch eine Lupe vorgesetzt. Bei stark diffusem Licht sind die Ringe nicht erkennbar, bei mehr und mehr gerichtetem Licht treten entsprechend mehr Ringe hervor. Man beobachtet am Ort des Aufnahmeobjektes in Richtung zur Kamera. Die Beleuchtung ist für photographische Zwecke geeignet, wenn 1--2 Ringe erkennbar sind. Bei Zwielicht verzerren sich die Ringe.

Es wurden einige sehr gelungene Porträtaufnahmen vorgenommen, die unter Verwendung des Schattenprüfers gemacht worden waren.

Sitzung am 17. Dezember 1941
im I. Physikalischen Institut der Universität Berlin.

H. Theissing: Die Apparatur der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zur Messung der spektralen Empfindlichkeit photographischer Schichten.

Zur Gewinnung der spektralen Schwärzungsverteilungskurve, d. h. zur Untersuchung des spezifischen Einflusses der Lichtfarbe auf die Schwärzung einer photographischen Schicht, gibt es zwei Verfahren: Die Photographie einer Farbtafel oder die spektrale Zerlegung des Lichts, wobei die Energiemessung des Lichtes entweder durch Verschiebung des Meßinstruments entlang des Spektrums oder durch Verwendung eines feststehenden Meßgeräts in Verbindung mit einem Monochromator erfolgt.

Zur Erzielung einwandfreier Ergebnisse wurden für die Apparatur der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt folgende Forderungen gestellt: 1. große spektrale Reinheit, 2. feststehender Strahlungsmesser, 3. Intensitätsänderung durch gute neutrale Graufilter, 4. weitgehende Automatisierung des Aufnahmeverfahrens. Die erste Forderung wurde durch Verwendung eines Quarzdoppelmonochromators erfüllt. Als Strahlungsmesser wird ein Bolometer benutzt. Die Abschwächung der Intensität zwischen 100 und 1% erfolgt in geometrischer Reihe mit 9 Graufiltern. Die Filter sind auf Öffnungen eines Rades angeordnet, das außerdem noch eine zehnte freie Öffnung hat. Die Graufilter¹⁾ haben einen neutralen Verlauf zwischen 300 und 2300 μ .

Auf der zu untersuchenden Platte werden durch senkrechte Verschiebung die 10 Aufnahmen bei gleicher Wellenlänge und verschiedener Intensität gemacht. Durch waagerechte Verschiebung kommen solche Spalten für die verschiedenen Wellenlängen nebeneinander. Verschiebung der Platte und Belichtung erfolgen automatisch.

¹⁾ H. Theissing, Z. techn. Physik 21, 149 [1940].

Sitzung am 23. Januar 1942.

Gerthsen: Über die Ionisierung durch schwere Teilchen, insbes. durch die Rückstoßatome beim radioaktiven Zerfall. (Nach Versuchen gemeinsam mit E. Grimm.)

Bei Elektronenstrahlen sind die Energieverluste im wesentlichen durch die Anregung und Ionisierung der durchquerten Moleküle bedingt. Während das Ionisierungsvermögen als Funktion der Energie der Elektronen bei etwa 200 eV ein Maximum zeigt, ist die bei der Absorption gebildete gesamte Ionenmenge proportional der Energie. Daher läßt sich aus der Messung der Zahl der gebildeten Ionen die Energie der absorbierten Elektronen bestimmen, wenn man den mittleren Energieaufwand pro Ionenpaar kennt. Er beträgt bei Elektronen in Luft 32,2 eV. Diese Energie verteilt sich auf alle möglichen Einzelprozesse der Energieverzehrung, unter denen die Anregung am häufigsten auftritt.

Bei Strahlen, die aus Atomen bestehen, treten zu den genannten Energieverlusten die Umladung und die Streuung. Verschiedene Messungen des mittleren Ionisierungsaufwandes bei α -Strahlen in Luft ergaben für α -Strahlen von UI 32,9 eV, von Ra 33,6 eV, von RaC' 35 eV, von ThC' 33,7 eV. Die Unterschiede beruhen auf der experimentellen Unsicherheit der Messungen; als wahrscheinlichster Wert wird 35 eV aus der Messung an RaC' angenommen. Eine genaue Kenntnis des Ionisierungsaufwandes ist wichtig zur Beurteilung der Energietönung von Kernreaktionen, die man aus der Messung der Ionenmenge bestimmen kann.

Hierfür ist es auch von Interesse, den Ionisierungsaufwand der ganz schweren Rückstoßkerne zu kennen. Die Energie dieser Rückstoßteilchen ist nur gering, z. B. bei ThC' 169000 eV (Geschwindigkeit $3,94 \cdot 10^7$ cm/s). Ältere Messungen hierüber haben Wertenstein²⁾ und Kohlörster³⁾ gemacht. Letzterer gibt eine Reichweite der ThC'-Rückstoßkerne von 0,22 mm bei Atmosphärendruck an. Die Methode von Wertenstein hatte den Nachteil, daß das Präparat die zwei Komponenten RaC und RaC' enthielt, und daß die durch Rückstoß auf den Präparaträger aufgebrachten Atome wegen ihrer höheren Energie teilweise tief im Metall des Trägers steckten.

Die energieärmeren Th-Rückstoßteilchen, die bei der neuen Methode benutzt werden, zeigen diesen Nachteil nicht. Eine Schwierigkeit für die genaue Messung bildet die geringe Ionenmenge von 3000--4000 Ionenpaaren, die ein Rückstoßatom erzeugt. Sie wurde durch die folgende Anordnung umgangen. Das radioaktive ThC'-Präparat wird auf einer dünnen Folie niedergeschlagen, die zwei Meßkammern trennt. Beiderseits der Folie befinden sich Blenden, die nur einen geringen Winkelbereich der Strahlen in die Meßkammern gelangen lassen. Die eine Kammer enthält eine Meßelektrode, die in der Kammer erzeugten Ionen in einem Proportionalverstärker zur Messung bringt. In der anderen Kammer durchlaufen die Teilchen eine Meßstrecke definierter Länge nach dem Prinzip des Schutzingkondensators und treten dann in einen Spitzenzähler ein. Die Meßelektrode der zweiten Kammer wird mit der der ersten derart zusammengeschaltet, daß sich die Impulse aus den beiden Kammer entweder addieren oder subtrahieren. Der Druck in der zweiten Kammer wird so eingestellt, daß nur die α -Teilchen bis zum Spitzenzähler gelangen. Die Impulse von Proportionalverstärker und Spitzenzähler werden auf einen Film photographiert. Eine Koinzidenz bedeutet dann, daß ein α -Teilchen in die zweite Kammer und damit in eine entgegengesetzte Richtung fliegendes Rückstoßatom in die erste Kammer eingetreten sind. Durch die Überlagerung der schwachen Impulse der Rückstoßkerne mit den durch die α -Teilchen erzeugten Impulsen wird erreicht, daß man in einen günstigen Arbeitsbereich des Proportionalverstärkers kommt.

In Übereinstimmung mit Kohlörster ergibt sich eine Reichweite der Rückstoßatome des ThC' von 0,228 mm bei Atmosphärendruck (0,43 mm Hg bei 40 cm Kammlänge). Die gemessene Zahl der Ionenpaare beträgt 3820. Mit einer Korrektur wegen der Ausblendung errechnen sich 4340 Ionenpaare. Bei der Gesamtenergie von 169000 eV ergibt sich der Ionisierungsaufwand zu 39 eV, also ähnlich wie bei den leichten Teilchen. Der Unterschied gegenüber dem hierfür angegebenen Wert von 35 eV ist reell. Die Ionisierungswahrscheinlichkeit ist größer als die einer gaskinetischen Begegnung. Das Ionisierungsvermögen ist etwa 15mal so groß wie das Ionisierungsvermögen der α -Teilchen.

²⁾ L. Wertenstein, s. Meyer-Schaeidler, Radioaktivität, 2. Aufl., 1927, S. 159 u. 331.

³⁾ W. Kohlörster, Z. Physik 2, 257 [1920].