

und innerlicher. In einer warmen, kindlichen Art bittet Lersch die Mutter Gottes, sie möge mit ihrem Kinde in diesem Jahr zu den Soldaten in den vordersten Schützengräben kommen. Alles würden die Soldaten tun, eine Wache für sie und das Kind vor den Gräben stellen, der heilige Joseph brauche sich nicht um das Essen zu sorgen: / Du willst ja nur die Armen und Frommen, nur liebende Menschen um dich haben: Ja, Mutter Gottes, dann komm zu uns, zu uns in den vordersten Schützengräben. / Die tiefe Ohnmacht des Menschen aber und die unendliche Größe Gottes versucht H. Claudius in einem Gedicht zu sagen: / Und die Völker kamen zum Herrgott / und wehklagten: Krieg, Krieg. / Und der Herrgott hob seine Augen / und wollte ihnen Antwort stehn. / Da war ein Jahrtausend dahin. / Und keines wußte mehr von jenem Weh /. Hier gewinnt gegenüber dem sieghaften Glauben an die gerechte Sache am Beginn die demütige Frage nach dem Sinn, das Nichtbegreifen Gestalt, und erst diese Not führt die Menschen ganz zu Gott.

So trägt das Bild des Menschen in der Dichtung des Weltkrieges ein doppeltes Gesicht. Dem Menschen der ersten Kriegsjahre, der aus der Selbstsicherheit einer langen Friedenszeit lebt, der mit all seinem Idealismus und seiner Siegesgewißheit dem Tode und Gott mit dem Anspruch des Fordernden entgegentritt, steht der Mensch der späteren Kriegszeit gegenüber. Er kämpft mit dem gleichen Idealismus, doch hat er in Not und Leid

die Selbstsicherheit verloren, aber den Glauben an die oft unbegreifliche Sinnhaftigkeit des Daseins gefunden. Das Leben des Menschen der ersten Jahre ist trotz aller scheinbaren Religiosität, die aus den „Kriegsgebeten“ und Gesängen vom heiligen Kampfe spricht, im Diesseits beschlossen. Der Mensch vertraut auf seine eigene Kraft. Dann aber wird die Immanenz seines Daseins in der Erschütterung der Kriegsnot hinaufgehoben zur Transzendenz, zu einem neuen Bild der Welt, wie es denn christliche Lehre ist, daß erst im Leid die Welt „erkannt“ wird. Die satte Welt der Vorkriegszeit versinkt, alle Sicherheit schwindet, und der Mensch steht allein vor der Geworfenheit des Seins, allein in dem schweren Kampfe, daß auch in diesen Bereichen des Grauens die Würde des Menschen vor der Gesichtslosigkeit des technisierten Massenmenschen bewahrt werde. Er hat aus dieser Erschütterung eine neue Tiefe gewonnen. Sie wurde die Brücke zum Ewigen. Denn am Ende dieser schweren Zeit stand für die Besten unseres Volkes nicht die nackte Verzweiflung, sondern ein tiefer Glaube. Die Kriegsbriefe des Tünchergesellen Gerrit Engelke geben davon ein schönes Zeugnis. Er fiel am 20. Oktober 1918 und schrieb kurz vor seinem Tode „in einem Erdloch, schräg in einen Eisenbahndamm gegraben“: „Das Schicksal prüft und schlägt uns und wirft uns in unser eigentliches Zentrum, durch das wir immer Weltbeherrschender sein werden, in unsere Geistigkeit zurück. Über alles triumphiert der Geist!“

## DAS KAUSALGESETZ UND DIE MODERNE ATOMPHYSIK

Von Nikolaus Junk S. J.

Seit Beginn des 20. Jahrhunderts wandelt die Physik auf revolutionären Bahnen. Den Anstoß dazu gab die Entdeckung der atomistischen Struktur der Energiestrahlung durch M. Planck im Jahre 1900. Es war ein damals unerhörter Gedanke, daß die Aufnahme und Abgabe von Energie nur unstetig in genau bestimmten, von der Härte der Strahlung abhängigen „Quanten“ erfolgen sollte. Im Verlauf der Entwicklung mußten immer mehr altgewohnte, wohlgrundete und vielfach bewährte Auffassungen preisgegeben werden. In den zwanziger Jahren war die Lage so verzweifelt, daß man allgemein von einer Krise der Physik sprechen zu müssen glaubte. Die Ergebnisse der Forschung ließen die erkenntnistheoretischen Grundlagen der Naturwissenschaften immer mehr ins Wanken geraten. Eine neue Revolutionstat folgte durch die genialen Schöpfungen W. Heisenbergs und E. Schrödingers. Wiederum stürzte ein für gesichert gehaltenes naturwissenschaftliches Gebäude zusammen, das unter seinen Trümmern die festesten Fundamente jeder wissenschaftlichen Forschung

hoffnungslos zu begraben drohte. Mit aller Entschiedenheit wurde von Physikern und Naturphilosophen behauptet, durch die Resultate der modernen Atomphysik sei das Kausalitätsgesetz endgültig als falsch erwiesen; in der Natur herrsche nicht Determinismus, sondern Indeterminismus. Weit über die Grenzen der Physik hinaus haben diese Lehren ihre Wellen geschlagen. Glaubte man doch mit dem Kausalgesetz auch die Grundlage der natürlichen Gotteserkenntnis bedroht. Andere meinten, nun sei von den Naturwissenschaften her ein Zugang zum Problem der Willensfreiheit gewonnen.

Es kann nicht Ziel dieser Ausführungen sein, ein vollständiges Verständnis der modernen atomphysikalischen Theorien zu vermitteln. Dazu wären schwierige mathematische Rechnungen notwendig. Unsere Aufmerksamkeit in diesen Zeilen gilt lediglich der Leugnung des Kausalsatzes auf Grund der heutigen Atomphysik. Es sollen deshalb unter Verzicht auf allen mathematischen Apparat in möglichst allgemeinverständlicher Form

die Gedankengänge, die zu dieser Leugnung führten, aufgezeigt und ihre Berechtigung geprüft werden.

Der Kausalsatz der Naturwissenschaften, auch Kausal- oder Kausalitätsgesetz genannt, besagt, daß jeder Zustand im materiellen Geschehen durch den unmittelbar vorhergehenden, von dem er als seiner Ursache abhängt, eindeutig festgelegt ist. Er behauptet also einen notwendigen Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung derart, daß gleiche Ursachen immer die gleichen Wirkungen hervorbringen. Die Wirkung ist der Ursache stets quantitativ gleich und von ihr mit strenger Notwendigkeit determiniert.

Zu besonderer Bedeutung ist in der Physik eine etwas andere Fassung des Satzes gelangt, die eigentlich eine Folgerung des Kausalsatzes selbst darstellt. Wenn nämlich der Ablauf des anorganischen Geschehens mit genau bestimmter Notwendigkeit erfolgt, gestattet die exakte Kenntnis der Ursache und der Gesetzmäßigkeiten des Geschehens, die Wirkung vorauszusagen. Ist demnach der augenblickliche Zustand eines materiellen Systems bekannt, so läßt sich die Zukunft berechnen. In dieser Form fand der Kausalsatz seinen klassischen Ausdruck in dem sogenannten Laplaceschen Dämon. Laplace hat nämlich einen fingierten Weltgeist angenommen, dem alle Zustandsgrößen der gesamten Welt für einen bestimmten Augenblick bekannt seien und der dazu alle Naturgesetze kenne. Ein solcher Dämon könnte jeden weiteren Zustand der Welt für jeden Zeitpunkt vorausberechnen und angeben. Diese Voraussagbarkeit ist also ein Kriterium für die Geltung des Kausalitätsgesetzes und gibt die Möglichkeit einer Kontrolle.

Mit dem Kausalsatz nicht einfach gleichzusetzen ist das Kausalitätsprinzip der Metaphysik. Nach diesem fordert jedes kontingente Sein und Geschehen eine Ursache, der es seine Existenz verdankt. Ein ursachloses Geschehen ist danach unmöglich. Dieses Prinzip ist allgemeingültig und findet Anwendung auf alles kontingente Sein, auch auf die freien Entschlüsse vernunftbegabter Geschöpfe, nicht nur auf das Geschehen, das Gegenstand der physikalischen Forschung ist und notwendige Zusammenhänge aufweist. Dieser metaphysische Satz, das sei schon hier gesagt, wird von den Resultaten der neuesten Physik überhaupt nicht betroffen, wie öfters infolge mangelhafter Unterscheidung beider Sätze angenommen wird.

Bis in unser Jahrhundert herein galt das Kausalgesetz als unantastbare Voraussetzung aller naturwissenschaftlichen Erkenntnis. Erst in allerneuester Zeit ist seine Gültigkeit angezweifelt worden, und zwar auf Grund der statistischen Auffassung der für die atomare Kleinwelt gefundenen mathematischen Gesetzmäßigkeiten.

Zum ersten Mal trat in der Physik eine wahrscheinlichkeitstheoretische Auffassung naturwissenschaftlicher Gesetze auf bei der genaueren Diskussion des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik. Große Erfolge hatte diese Deutung zu verzeichnen bei der Erklärung der Gasgesetze. Nach der molekularkinetischen Theorie der Materie sind im gasförmigen Aggregatzustand die Moleküle oder Atome frei beweglich und befinden sich auch in ständiger Bewegung; diese Bewegung der kleinsten Teilchen ist gänzlich ungeordnet, hat aber bei gleichbleibender Temperatur einen konstanten Mittelwert, der der Temperatur entspricht. Je größer der Durchschnittswert der Bewegungsenergie der Einzelteilchen, desto höher ist die Temperatur des Gases. Der Druck, den ein Gas in einem Gefäß auf die einschließenden Wände ausübt, kommt zustande durch die dauernden Stöße der Einzelmoleküle auf die Wandfläche. Obwohl die einzelnen Moleküle ganz verschieden große Bewegungsenergie haben und somit auch eine jeweils verschiedene Kraft bei ihrem Aufprallen auf die Wand übertragen, so ist der ausgeübte Druck bei gleichbleibender Temperatur dennoch konstant und entspricht dem Durchschnittswert der Einzelkräfte, die auf die Flächeneinheit übertragen werden. Denken wir uns, eine Wand wird trommelfeuerartig mit Bällen bombardiert. Unterbrochen fliegt eine unübersehbare Menge von Bällen, die die allerverschiedensten Geschwindigkeiten haben, auf die Wand; diese sei so schwer oder derartig befestigt, daß sie nicht auf jeden einzelnen Stoß eines Balles reagieren kann. Dann wird durch das Bombardement ein gleichbleibender Druck ausgeübt, wenn nur der Mittelwert der Bewegungsenergie, die die Bälle mitführen, konstant bleibt. Genau so ist es in einem geschlossenen Gasraum, solange die Bewegung der Teilchen ungeordnet bleibt. Bei der ungeheuren Menge der beteiligten Gasteilchen ist der wahrscheinlichste Zustand der, daß der Durchschnittswert der Energie in allen drei Richtungen des Raumes gleich groß ist. Es ist, wenn auch nicht unmöglich, so doch höchst unwahrscheinlich, daß auf einmal alle Moleküle geordnet in nur einer Richtung sich bewegen. Das Gasgesetz, daß bei gleicher Temperatur das Produkt aus Volumen und Druck eines Gases einen konstanten Wert hat, ist also ein Wahrscheinlichkeitsgesetz. Eigenart solcher Gesetze ist, daß sie Aussagen machen über das Verhalten einer großen Menge von Individuen, über die Bewegung und Energie eines Einzelteilchens wird nichts ausgesagt. Der Physiker befindet sich in der Lage eines Versicherungsmathematikers. Dieser kann auch auf Grund statistischer Gesetze genau angeben, wieviel Menschen z. B. in Deutschland innerhalb des nächsten Jahres an Tuberkulose sterben werden, über das Einzelschicksal kann er nichts sagen.

Der statistische Wert ändert sich aber sofort, wenn außergewöhnliche Ereignisse, wie Seuchen oder Epidemien, eintreten.

Wenngleich solche statistische Gesetze auch nicht unmittelbar kausal determinierte Vorgänge betreffen, sondern Durchschnittswerte darstellen, so bedingen sie doch keine Leugnung der Kausalität; im Gegenteil, gerade wenn vorausgesetzt wird, daß die Einzelteilchen im Gas nach streng determinierter Kausalität sich verhalten, ergeben sich auf Grund wahrscheinlichkeitstheoretischer Betrachtungen für eine große Zahl von Teilchen die durch die Wissenschaft gefundenen statistischen Gesetzmäßigkeiten.

Zu einer ganz andersartigen statistischen Auffassung des Naturgeschehens im Atominnern führte die Diskussion der Quanten- und Wellenmechanik. Es sind dies zwei atomphysikalische Theorien, die unabhängig voneinander entstanden sind, in gänzlich verschiedener Weise das inneratomare Geschehen rechnerisch darstellen, aber dennoch mathematisch gleichwertig sind.

Das bekannte Atommmodell von N. Bohr hatte zu erheblichen Schwierigkeiten geführt. Aus den Rutherford'schen Versuchen hatte sich ergeben, daß die Atome aus einem positiv elektrisch geladenen Kern und negativ geladenen Elektronen bestehen. Der Kern ist für die schwere Masse des Atoms verantwortlich; die Elektronen sind um den Kern herum angeordnet und kompensieren dessen Ladung, so daß das Atom als Ganzes elektrisch neutral ist. Es war jedoch schwer zu verstehen, in welcher Weise sich die Elektronen um den Kern bewegen. Sie müssen als bewegt angenommen werden, weil sie sonst kraft der elektrischen Anziehung in den Kern stürzen würden, wie ein unbewegter Mond infolge der Massenanziehung auf die Erde fallen müßte. Anderseits müssen aber im Atom umlaufende Elektronen elektromagnetische Wellen in den Raum hinaussenden, sie müßten also ständig leuchten. Zudem würden sie durch Strahlung ihre Energie verlieren und mit der Zeit doch in den Kern fallen. Bohr erkannte, daß für die Vorgänge im Atom die Quantentheorie von Bedeutung sein müsse. Danach wären nur diskrete Energiezustände im Atom zulässig, wie auch die Elektronenstoß-Versuche gezeigt hatten, m. a. W. nicht alle Bahnen sind für die Bewegung der Elektronen möglich wie bei den Planeten, sondern nur einige ausgezeichnete, die mit dem Energieatom in Zusammenhang stehen. Um das Atommmodell mit der Quantentheorie in Verbindung zu bringen, machte nun Bohr zwei Annahmen: 1. Es sind nur bestimmte Bahnen den Elektronen erlaubt, die (in etwas willkürlicher Weise) mit dem Wirkungsatom verknüpft sind. Beim Umlaufen auf diesen Bahnen senden die Elektronen keine Strahlung aus. 2. Beim Übergang von einer kernnäheren auf eine kern-

fernere Bahn nehmen die Elektronen ein Energieatom auf, das sie beim umgekehrten Übergang als Licht einer bestimmten Wellenlänge wieder abgeben. Auf Grund dieser Annahmen ließen sich die Frequenzen des Lichtes, die ein Atom aussendet und die im Spektrum sich zeigen, berechnen. Die Theorie feierte große Erfolge, weil sie viele beobachtete Gesetzmäßigkeiten wenigstens einigermaßen genau rechnerisch wiedergeben konnte. Doch hat sie nie die ungeteilte Zustimmung der Physiker gefunden; weil die Quantelung der Elektronenbahnen sowie die Strahlungslosigkeit bei der Bewegung auf den Bahnen nicht einsichtig gemacht werden konnten. Überhaupt wurden Aussagen über Elektronenbahnen im Atom und Übergänge zwischen solchen Bahnen, die sich jeder experimentellen Nachprüfung entzogen, als unbehaglich empfunden. Die sonderbaren Annahmen Bohrs waren für die Physik unverständlich. Trotz der anschaulichkeit des Atombildes und der zweifellos großen Erfolge der Theorie konnte diese Verquickung alter Physik mit den revolutionär neuen Anschauungen der Quantentheorie nicht befriedigen.

Um diese Schwierigkeiten zu beheben, schuf Heisenberg seine neue Theorie. Als Aufgabe der Physik galt ihm im Sinne positivistischer Wissenschaftsauffassung, lediglich die Vorgänge zu beschreiben, nicht aber Erklärungen zu geben. Es war nun offenbar nicht möglich, Elektronenbewegungen zu beschreiben nach den Gesetzen, die gefunden worden waren für die Bewegung makroskopischer, der Sinneswahrnehmung zugänglicher Körper, wie sie in der „klassischen“ Mechanik, vor allem in der Himmelsmechanik zum Ausdruck kommen. Es mußte eine neue Mechanik geschaffen werden für das inneratomare Gebiet, und diese mußte eine „Quantenmechanik“ sein, d. h. die Quantenpostulate Bohrs mußten sich aus ihr als notwendige Folgerung ergeben. Von vornherein wurde darauf verzichtet, unkontrollierbare Annahmen über Bahnen und Umlaufszeiten von Elektronen zu machen, und es wurde festgesetzt, daß nur solche Größen in die Rechnung eingesetzt werden sollten, die experimentell nachprüfbar wären. Das sind die Frequenzen und Intensitäten der Spektrallinien, die von den Atomen herrühren, sowie die verschiedenen Energiestufen, die ein Atom annehmen kann. Es war also Aufgabe der neu zu schaffenden Quantenmechanik, die zwischen diesen Größen obwaltenden Beziehungen in einen Zusammenhang zu bringen und es zu ermöglichen, das subatomare Geschehen rechnerisch zu bewältigen. Zu diesem Zwecke schuf Heisenberg einen neuen mathematischen Kalkul. An Stelle der Zahlen der gewöhnlichen Mathematik treten in der quantenmechanischen Rechnung quadratische Schemata von Zahlen, sog. Matrizen. Diese enthalten alle Angaben, die auf Grund des experi-

mentellen Befundes über das Atomgeschehen gemacht werden können. Von besonderer Bedeutung für unsere gegenwärtige Frage ist die Produktenregel. Die Multiplikation gewöhnlicher Zahlen ist kommutativ, es ist belanglos für das Resultat, welche Zahl an erster Stelle steht,  $2 \times 3$  ergibt dasselbe Resultat wie  $3 \times 2$ . Bei Multiplikation von Matrizen jedoch sind die Faktoren nicht vertauschbar. Das Produkt aus der Matrix  $a$  und der Matrix  $b$  ist nicht gleich dem Produkt der Matrix  $b$  mit der Matrix  $a$ . Der Fehler, der entsteht bei der Gleichsetzung beider Produkte ist von der Größenordnung des Planckschen Wirkungsquants, einer minimalen Größe von der Ordnung  $10^{-27}$ , die allerdings bei subatomaren Dimensionen bereits in die Waagschale fällt und deshalb bei der Berechnung des Geschehens im Atom berücksichtigt werden muß. Die Matrizenrechnung war, ohne daß jedoch Heisenberg darum wußte und ohne daß man an eine Anwendung in der Physik gedacht hatte, bereits einige Jahrzehnte früher von Mathematikern aus rein mathematischem Interesse ausgebildet worden.

Der nicht-kommutative Charakter der Multiplikation von Matrizen führt zu der sogen. Unbestimmtheitsrelation, die sich als Grundlage der Quantenmechanik erwiesen hat. Heisenberg selber gab dieser Unschärfebeziehung folgende Deutung: Es ist prinzipiell unmöglich, zugleich Ort und Geschwindigkeit einer subatomaren Partikel genau zu messen. Zur Ortsbeobachtung ist nämlich möglichst kurzwelliges Licht notwendig, da es sich um kleinste Dimensionen handelt. Das kurzwellige Licht aber übt wegen seines Energiereichtums auf die Partikel eine starke Wirkung aus, die die Geschwindigkeit verändert. Will man diese Beeinflussung der Geschwindigkeit vermeiden, dann ist längerwelliges Licht erforderlich. Dieses aber gestattet keine exakte Ortsbestimmung. Die Größen also, die den physikalischen Zustand eines Elektrons bestimmen, Ort und Geschwindigkeit oder Ort und Impuls (gleich Masse mal Geschwindigkeit), sind niemals zugleich genau feststellbar. Das Produkt der beiden Ungenauigkeiten der Orts- und Impulsmessung ist von der Größenordnung des Planckschen Wirkungsquants. Je genauer die eine Bestimmung, desto ungenauer die andere. Würde der Ort ganz genau gemessen, dann würde die Impulsbestimmung notwendig unendlich ungenau und umgekehrt. Diese Unmöglichkeit einer gleichzeitigen genauen Messung von Ort und Impuls ist nicht begründet in der Unvollkommenheit der Instrumente, die sich vielleicht einmal beheben ließe, sondern sie ist eine prinzipielle, die in der Natur der Dinge selbst begründet liegt. Aus dieser Feststellung zieht nun die gesamte moderne neupositivistisch orientierte Physik den Schluß, das Elektron habe keinen definierten Ort und keine

definierte Geschwindigkeit; es sei „sinnlos“, in der Mikrophysik überhaupt von Ort und Geschwindigkeit zu sprechen. Damit wird aber auch der Kausalsatz sinnlos. Wenn die Dinge selbst in keinem definierten Zustand sich befinden, kann es auch keine determinierte Kausalität geben; dann ist es sicherlich unmöglich, mit Bestimmtheit die zukünftige Entwicklung vorauszusagen. Es lassen sich nur Wahrscheinlichkeitsaussagen machen, die einen gewissen Spielraum lassen und nur das ungefähre Verhalten angeben. Da in der Mikrophysik alles Geschehen den quantenmechanischen Gesetzen folgt, gilt das Kausalitätsgesetz für definitiv erledigt.

Zu demselben Ergebnis führte die genauere Diskussion der Wellenmechanik. Diese Theorie wurde begründet durch den französischen Physiker L. de Broglie, weiter ausgebaut und verallgemeinert durch E. Schrödinger. Nach einer aus der Relativitätstheorie bekannten Beziehung sind Masse und Energie äquivalent. Jeder Masse kommt Energie zu, und jede Energie hat träge Masse. Die Energie, die einer Masse entspricht, ist gleich dem Produkt aus der Masse selbst und dem Quadrat der Lichtgeschwindigkeit:  $E = mc^2$ . Anderseits kommt jeder Schwingungsbewegung eine Energie zu, die gleich ist dem Produkt aus der fundamentalsten Konstante der modernen Physik, nämlich dem Planckschen Wirkungsquantum  $h$ , und der Frequenz der betreffenden Schwingung:  $E = hv$ . Auf Grund dieser beiden Beziehungen ordnete De Broglie in einfacher Weise jedem Materieteilchen eine Schwingungszahl zu, wie sie sonst nur bei Wellen vorkommt. Mathematisch war damit das korpuskulare Teilchen in eine Welle aufgelöst, die durch Schwingungszahl und Wellenlänge charakterisiert ist. Das Elektron, das nach der Bohrschen Theorie sich als Körperchen auf einer geschlossenen Bahn im Atom bewegt, war nunmehr aufzufassen als eine Welle, die dauernd die ganze Bahn erfüllt. Unter dieser Voraussetzung sind aber nur solche Bahnen möglich, die ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge darstellen, weil sonst die Welle durch Interferenz sich selbst auslöschen würde. Die Rechnung ergab als „erlaubte“ Bahnen gerade jene, die Bohr bereits angenommen hatte, ohne jedoch einen Grund dafür angeben zu können. Jetzt erwiesen sie sich als notwendige Folgerung aus der Wellennatur der Materie. Auch durch Experimente wurde diese Auffassung bestätigt, indem bewegte Elektronen sich wie Wellen verhielten und Beugungerscheinungen zeigten, wie sie von Röntgenstrahlen gleicher Frequenz bereits bekannt waren. Genau wie das Licht früher schon sowohl Wellen- wie auch Korpuskeleigenschaften aufwies, so fand sich jetzt die gleiche Doppelnatur auch bei der Materie.

Diesen Gedanken griff Schrödinger auf, um das gesamte Geschehen im Innern des Atoms zu be-

schreiben durch Wellengleichungen, wie sie sonst zur mathematischen Bewältigung von Schwingungsvorgängen, die durch den Raum als Wellen sich ausbreiten, üblich waren. Das Ergebnis seiner Rechnung war, daß alle Zustände des Atoms und die bereits früher errechneten Konstanten ohne weitere Annahmen sich ergaben. Die Vorgänge im Atom ließen sich also verstehen, wenn man die kleinsten Materieteile nicht als Körperchen, sondern als Materiewellen auffaßte. Natürlich war damit noch nicht geklärt, was eigentlich in den Wellen schwingt. Schrödinger selbst nahm zunächst an, daß die schwingende Größe, die wie bei einer Wellenbewegung periodisch ihren Wert verändert, die Dichte der elektrischen Ladung angebe, die den Elektronen zukomme. Dann aber gelangte zu allgemeiner Anerkennung die von M. Born gegebene Deutung der Wellen als Wahrscheinlichkeitswellen. Jede Partikel ist mit einer Welle verbunden und die Höhe der Wellenberge gibt die Wahrscheinlichkeit an für das Vorhandensein oder Eintreffen von Partikeln an einem Ort. Es sind also wiederum nur statistische Angaben möglich über das durchschnittliche Verhalten vieler Elektronen. Ort, Bewegung und Geschwindigkeit eines Einzelteilchens bleiben völlig unbestimmt. Statt kausal determinierter Vorgänge gibt es nur mehr oder weniger „zufällige“. An die Stelle strenger Kausalität tritt statistische Variationsbreite. Damit wird es vollkommen unmöglich, irgendeinen physikalischen Vorgang genau vorauszusagen.

Beide Theorien, die quantenmechanische und die wellenmechanische, sind, obwohl ganz andersartige Anschauungen ihnen zugrunde liegen, mathematisch gleichwertig. Es lassen sich die Ausdrücke genau angeben, die einander entsprechen. Es kann auch keinem Zweifel unterliegen, daß das Geschehen im Bereich des Atomaren durch beide Theorien richtig wiedergegeben wird. Die unverständlichen Annahmen des Bohrschen Atommodells werden begreiflich. Fraglich bleiben nur die Folgerungen, die gezogen werden und die Geltung des Kausalitäts gesetzes betreffen.

Auf eine Ungültigkeit des Kausalsatzes läßt sich aus den vorliegenden Theorien nur schließen bei einer positivistischen Denkhaltung. Das ist allerdings mit geringen Ausnahmen die Einstellung der Physiker von heute. Der naturwissenschaftliche Positivismus war eine Reaktion auf die spekulativen Naturphilosophie Schellings und seiner Schule. Sein Hauptvertreter war der Naturforscher E. Mach. Einzige Quelle der Naturerkenntnis ist ihm die Empirie. Die Existenz einer Außenwelt ist aber durch die Erfahrung nicht nachprüfbar und für die Positivisten deshalb eine sinnlose Hypothese. Die Dinge sind ihnen nur Komplexe von Elementen der Wahrnehmung, und die Aufgabe der Physik besteht einzig darin, die Wahr-

nehmungsgegebenheiten zu ordnen und in einen gesetzmäßigen Zusammenhang zu bringen. Im wesentlichen ist das auch noch die Anschauung des sogen. Neopositivismus von heute. Die Physik hat nur zu beschreiben, nicht aber zu erklären. Wenn auch die reale Existenz der Außenwelt nicht gerade gelehnt wird, so wird als real doch nur das angenommen, was der Beobachtung zugänglich und experimentell nachprüfbar ist. Alle Erklärungen, die über die Beobachtung hinausgehen, werden als „metaphysisch“ und damit als „sinnlos“ abgelehnt. Die Frage, was objektiv, unabhängig von der Beobachtung existiere und sich abspiele, wird als unsinnig von vornherein abgewiesen. Nun sind aber die kausalen Abhängigkeitsverhältnisse im Atomaren nicht beobachtbar. Jede Beobachtung hat im Subatomaren notwendig ihre prinzipielle Grenze, die ihren Ausdruck findet bei quantenmechanischer Betrachtung in der Unschärferelation, bei wellenmechanischer Auffassung in der Wellennatur der Materie. Vom positivistischen Standpunkt ist es also nur konsequent, den Kausalsatz als endgültig erledigt abzutun. Mit der Preisgabe des positivistischen Standpunktes fällt aber sofort auch diese radikale Folgerung. Wer nicht alle Realität mit Beobachtbarkeit gleichsetzt, wer außer positivistischer Physik auch noch Metaphysik für möglich hält, kann sich diese Konsequenz nicht zu eigen machen. Lichtenberg hat früher bereits das Problem des Positivismus gekennzeichnet durch die Frage: Können Mädchen im Dunkeln erröten? Die Erfahrung kann auf diese Frage keine Antwort geben, sie hätte zur Beobachtung Licht nötig, kann also über den Zustand im Dunkeln nichts aussagen.

Was folgt nun wirklich aus der modernen Atomphysik? Im Atomaren hört die Nachprüfbarkeit der Kausalverhältnisse auf. Auch eine Verfeinerung der Meßinstrumente und -methoden wird daran nichts ändern, da diese Unmöglichkeit in der Natur der Sache liegt. Jede Beobachtung im Gebiet des Atomaren setzt nämlich einen Eingriff in das Geschehen selbst voraus und bringt eine Beeinflussung des zu beobachtenden Vorgangs mit sich. Das Objekt selber ändert sich gleichsam unter den Händen des Experimentators. Damit ist auch endgültig die Hoffnung begraben, den Kausalsatz empirisch zu begründen. Mag auch Kausalität gelten, in der Mikrophysik läßt sie sich nicht nachweisen. Die Gültigkeit des Satzes muß aus einer andern Quelle hergeleitet werden.

Der Ablauf des Geschehens läßt sich nicht voraus sagen, weil niemals der Zustand der Welt genau feststellbar ist. In dem Satz: „Wenn alle Zustandsgrößen eines Systems bekannt sind, ist die Zukunft berechenbar“, ist die Bedingung nicht realisierbar. Es bedeutet allerdings eine zu weitgehende Behauptung, wenn neopositivistische

Denker sagen, diese Unmöglichkeit sei eine absolute, so daß auch keinem überweltlichen Geiste der augenblickliche Zustand bekannt sein könnte, da es einen bestimmten Zustand überhaupt nicht gebe. Nachgewiesen ist nur, daß menschlichem Forschen in der atomaren Kleinwelt unüberschreitbare Schranken gezogen sind. Wenn das Geschehen dennoch determiniert ist, was durch die modernen Theorien keineswegs ausgeschlossen werden kann, dann müßte wenigstens dem göttlichen Geist dieser Zustand auch erkennbar sein. Für Gott aber ist die Zukunft offenbar, auch ohne Rechnungen, wie sie der Laplacesche Dämon ausführen müßte.

Bei Licht besehen wird von der modernen Physik der Kausalsatz eigentlich nur in der Form der Vorausberechenbarkeit geleugnet. In dieser Form allein scheint der Satz bekannt zu sein. Das zeigt ein Gedankenexperiment, das Heisenbergs früherer wissenschaftlicher Assistent v. Weizsäcker einmal durchgeführt hat. Dabei soll ein Elektron unter dem Mikroskop photographiert werden im Augenblick der Beleuchtung. Aus dem Versuchsergebnis ließe sich dann berechnen, welche Impulsänderung das Elektron durch den Zusammenstoß mit einem Lichtquant bei der Beleuchtung erfahren hat. Diese Berechnung ist jedoch nur möglich, wenn auch dieses Mikrogeschehen als streng determiniert im Sinne des richtig verstandenen Kausalsatzes vorausgesetzt wird. Ein vorausberechnender Schluß von der Ursache auf die Wirkung wäre nicht möglich, weil die genaue Kenntnis der Ursache mit ihren Bestimmtheiten unerreichbar ist; dagegen ließe sich von rückwärts schließend das Geschehen exakt bestimmen. Allerdings ist dabei zu beachten, daß in den Kausalzusammenhang auch der Beobachtungsvorgang miteinbezogen werden muß. Es handelt sich nicht nur um ein unabhängig vom Beobachter und seinen technischen Hilfsmitteln ablaufendes Geschehen, da durch die Beobachtung der Vorgang selbst beeinflußt wird.

Eine andere Folgerung aus der heutigen Atomphysik, die zwar nicht den Kausalsatz betrifft, möge wegen ihrer Bedeutsamkeit hier kurz angemerkt werden. Zur Beschreibung des atomaren und subatomaren Geschehens sind immer zwei sich widersprechende Bilder notwendig, das der Korpuskel und das der Welle. Unter nur einem dieser Bilder läßt sich das Geschehen nicht vollständig wiedergeben. Je nach der Art des Vorgangs tritt die Korpuskel- oder die Wellennatur mehr in den Vordergrund. Das zeigt, daß unsere Kategorien, mit denen wir anschaulich die Makrowelt erfassen, für die Mikrowelt nicht zutreffen. In dieser Welt des Kleinen und Kleinsten hört die Anschaulichkeit auf. Das kann aber eigentlich gar nicht wundernehmen. Entstammen doch alle unsere anschaulichen Begriffe und Bilder der groben Erfahrung in der uns umgebenden makroskopischen

Welt. Manche anschauliche Sinnesqualitäten verlieren in der Mikrowelt wirklich ihren Sinn. Ein Elektron kann keine Farbe haben. Welche Qualitäten im atomaren Bereich ihre Geltung behalten, welche nicht, ist im einzelnen bis heute noch nicht erwiesen. Begriffe, die es ermöglichen, die Atomwelt richtig zu verstehen, sind noch nicht gefunden worden. Ob und wann sie gebildet werden, muß die Entwicklung zeigen.

Die Gültigkeit des Kausalsatzes kann niemals erwiesen werden durch Hinweis auf die Erfahrung. In der Metaphysik wird das Kausalitätsprinzip als allgemeingültig bewiesen. Das Kausalgesetz der Naturwissenschaften ist nun weiter nichts als eine Anwendung dieses metaphysischen Prinzips auf das Geschehen in der anorganischen Natur. In der leblosen Welt fehlt jede Spur von Spontaneität und freier Selbstbestimmung. Wenn demnach im Anorganischen alle Bedingungen für das Wirken der Kräfte gegeben sind, muß die Ursache zwangsläufig ihre Wirkung hervorbringen. Das Geschehen ist von strenger Notwendigkeit beherrscht. Das gilt auch für das atomare Gebiet. Wenngleich die kausalen Abhängigkeiten nicht beobachtbar sind, muß ihr Vorhandensein dennoch gefordert werden wegen des Fehlens jeder Freiheit. Freie Selbstbestimmung setzt geistiges Erkenntnisvermögen voraus, und das findet sich in der anorganischen Natur in keiner Weise. Daraus folgt auch, daß nicht alle Naturgesetze statistischer Art sein können. Auch wenn alle makroskopischen Gesetze wahrscheinlichkeitstheoretisch zu erklären wären, dann müßten wenigstens im Mikrogeschehen sogenannte dynamische Gesetze herrschen, die unmittelbar auf den Kausalverhältnissen beruhen.

Man hat auch in den Wahrscheinlichkeitsgesetzen eine Erklärung für die Möglichkeit der Wunder sehen wollen. Das Wunder sei eine Ausnahme von einem statistischen Gesetz, ein interessanter Streufall, der zwar höchst unwahrscheinlich, aber doch bei statistischer Betrachtung nicht vollkommen unmöglich sei. Bei dieser Erklärung wird indes der Wundercharakter nicht gewahrt. Ein Wunder ist nämlich ein Ereignis, das natürlichen Kräften nicht möglich ist, sondern einen Eingriff in den Ablauf des Naturgeschehens durch ein höheres Wesen erfordert. Gott kann aber Ausnahmen machen sowohl von dynamischen wie auch von statistischen Naturgesetzen.

Somit sind denn die Hoffnungen und auch die Befürchtungen, die von weltanschaulicher Seite geäußert wurden, vollkommen grundlos. Die Grundlagen der natürlichen Gotteserkenntnis werden durch die neuen Theorien nicht im geringsten angetastet, nicht einmal die Gültigkeit des naturwissenschaftlichen Kausalgesetzes wird erschüttert. Die neuartige Auffassung der mikrophysikalischen Gesetzmäßigkeiten wirft kein neues Licht auf die

menschliche Willensfreiheit. Der freie Wille zeigt sich überhaupt nicht im Blickfeld des Physikers. Trotz alledem bleibt aber bestehen, daß die heutige Atomphysik uns einen tiefen Einblick gewährt

in den Bau und das Getriebe der atomaren Kleinwelt und daß sie noch manche ungelöste Probleme erkenntnistheoretischer und naturphilosophischer Art in sich birgt.

## UMSCHAU

### ÖKUMENISCHE REFORMATIONSGESCHICHTE

Zur Reformationsgeschichte von Joseph Lortz

Wer nach der Lektüre der beiden inhalts schweren Bände<sup>1</sup> zu der Skizze der Reformationsgeschichte greift, die Lortz in seinem geistesgeschichtlichen Abriss der Kirchengeschichte (2. Aufl. 1933, S. 45—71) gezeichnet hat, wird sich eines Vergleichs nicht erwehren können: was früher eine mit der Treffsicherheit und zugleich der Überspitzung einer vorläufigen Handzeichnung rasch hingeworfene Skizze war, ist hier zu einem Gemälde geworden, das in ruhiger und meisterlicher Beherrschtheit dem Besucher sich entgegenbreitet und doch die heimlich wirkende und zusammenfassende Kraft der Skizze von einst bewahrt hat. Durch das ganze Werk geht ein einziger stürmischer und zugleich beherrchter Herzschlag: die Liebe zur ganzen Wahrheit und damit die Liebe zur Kirche; und die Sehnsucht, mit dieser neuen Zusammenfassung der deutschen Reformationsgeschichte Grundsätzliches und Förderndes zu sagen zum großen Thema der Wiedervereinigung der christlichen Konfessionen. Wir legen hohen Wert auf diese einleitende Feststellung vom grundkatholischen Herzschlag dieses Buches. Denn das ist die einzige mögliche Antwort auf die eindringlichen Bitten, die der Verfasser (I, S. Xf.; II, S. 296 und öfter) den katholischen Rezensenten gegenüber ausspricht. Nur so werden wir das wissenschaftliche und christliche Recht haben, bei der Auskultation das Mitschwingen des einen oder andern Herztones festzustellen, der uns weniger gefallen mag.

Es ist nicht unser Vorhaben, hier einen notwendig trocken ausfallenden Auszug aus der lebendigen Fülle dieser zwei klar gestalteten Bände zu geben. Wir können nur jeden, dem die Geschichte der deutschen Reformation eine brennende Herzensfrage ist, auffordern, das ganze Werk eifrig und beharrlich zu lesen. Wir wollen diese wie eine starke Festung aufgebaute Geschichte vielmehr nur von außen (nachdem wir uns gewissenhaft und eingehend in ihrem Innern umgesehen haben) umschreiten und dabei zwei grundsätzliche Überlegungen durchdenken: einmal zur Rechtfertigung, die der Verfasser seinem Werk gibt, und dann zur historiographischen Methode, mit der er das ungeheure Material der deutschen Reformationsgeschichte formt und gestaltet.

1. Es gewährt einen Reiz ganz eigener Art, mit der umfangreichen Rechtfertigung, die Lortz seiner Darstellung gibt, nicht nur im Vorwort des ersten Bandes, sondern ebenso eindringlich im Nachwort des zweiten

<sup>1</sup> Joseph Lortz, Die Reformation in Deutschland. I. Bd.: Voraussetzungen, Aufbruch, erste Entscheidung. gr. 8° (XIII u. 436 S.). II. Bd.: Ausbau der Fronten, Unionsversuche, Ergebnis. gr. 8 (332 S.). Mit elf Bildtafeln. Freiburg i. Br. 1939/40, Herder. M 19.—; geb. 25.—

Bandes und in einer nicht abbrechenden Auseinandersetzung durch das Gesamtwerk hindurch, die einst H. Grisar seinem großen Lutherwerk und seinen späteren Lutherforschungen vorausschickte. Welch ein Frontenwechsel seit den Jahren 1911 und 1917! Wie mußte damals Grisar seine Lutherauffassung verteidigen gegen die anscheinend festgefügten Fronten eines sozial und kirchenpolitisch wohlversorgten Luthertums, gegen die thronenden Professoren, die den wahren Luther auflösenden Historizisten und liberalen Theologen, die sich anschickten, den deutschen Luther des Jubiläumsjahres allenfalls noch gelten zu lassen als den Mann der klassischen Sprachgewalt und den Vertreter des trotzigen Deutschstums. Und nun lese man, unmittelbar anschließend, was Lortz (I, S. VIII—XII) zur Rechtfertigung seiner neuen Darstellung mit starker Eindringlichkeit sagt. Er will eine ungebrochen katholische Auffassung der Reformationsgeschichte vortragen — fernab von aller konfessionellen Verengung, von Beweismacherei, von polemischer Zuspitzung. Sein Ideal ist jene Weite des katholischen Denkens, das die unverletzbare Schönheit der Kirche inmitten des Verfalls, aber auch die christliche Substanz inmitten des anfänglich ergreifend großen und selbst des später erschütternd abwegigen Strebens der lutherischen Neuerung zu erschauen imstande ist. So will das Werk eine Vorbereitung der ökumenischen Fragenlösung sein, eine katholische Ge wissenserforschung der kirchlichen Vergangenheit, ein Buch für alle, die an dem Unchristlichen der christlichen Spaltung leiden. Diese Haltung setzt, um nirgendwo falsch verstanden zu werden, bei Leser und Kritiker die gleiche offene Bereitschaft für die Anerkennung alles Wahren voraus, und sei es auf der Gegenseite und sei es noch so peinlich. Damit enthüllen sich aber die Kreise, an die sich Lortz mit seiner „Rechtfertigung“ wendet, fast schmerhaft deutlich, als geistige Bezirke im katholischen Denken, die noch allzu „konfessionell“ und gegenreformatorisch befangen sind und auch heute noch zusammenzucken, wenn jemand die ganze Wahrheit über die Reformation zu sagen wagt oder seiner Ergriffenheit Ausdruck verleiht über die Gewalt christlichen Denkens und Betens, die durch Luther entbunden wurde. Nicht mehr die satte Selbstsicherheit der einstigen protestantischen Kirche, der nicht nur der naturwüchsige Denifle, sondern auch der behutsamere Grisar seine Lutherforschung entgegenhielt, ist hier die Adresse der Rechtfertigung — im Gegenteil, die um die christliche Substanz ringende und damit für die Wesenheit dieser (von Luther noch weitgehend festgehaltenen) Substanz ganz anders als ehedem aufgeschlossene protestantische Kirche wird diese neue Reformationsgeschichte mit tiefem Verständnis aufnehmen. Die Adresse ist vielmehr, so will es von Seite zu Seite eindringlicher erscheinen, ein immer noch konfessionell verschlossener Kreis des katholischen Denkens. Um deren Verständnis ringt das Buch