

ZIELE UND METHODEN
DER
THEORETISCHEN PHYSIK

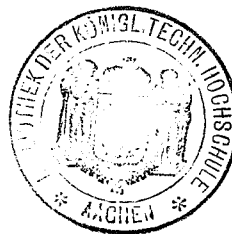
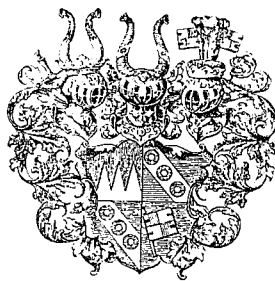
FESTREDE
ZUR
FEIER DES DREIHUNDERTZWEIUNDREISSIGJÄHRIGEN BESTEHENS
DER
KÖNIGL. JULIUS-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT ZU WÜRZBURG.

GEHALTEN AM 11. MAI 1914

VON

DR. WILHELM WIEN

K. B. GEHEIMER HOFRAT, O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIK,
VORSTAND DES PHYSIK. INSTITUTS
Z. Z. REKTOR DER UNIVERSITÄT



WÜRZBURG

DRUCK DER KÖNIGL. UNIVERSITÄTSDRUCKEREI H. STÜRTZ A. G.

1914

TB e 12

ZIELE UND METHODEN DER THEORETISCHEN PHYSIK

FESTREDE

ZUR

FEIER DES DREIHUNDERTZWEIUNDREISSIGJÄHRIGEN BESTEHENS

DER

KÖNIGL. JULIUS-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT ZU WÜRZBURG.

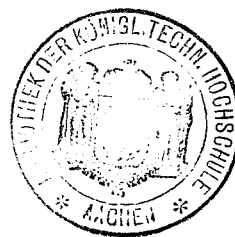
GEHALTEN AM 11. MAI 1914

VON

DR. WILHELM (WIEN)

K. B. GEHEIMER HOFRAT, O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIK,
VORSTAND DES PHYSIK. INSTITUTS

Z. Z. REKTOR DER UNIVERSITÄT



WÜRZBURG

DRUCK DER KÖNIGL. UNIVERSITÄTSDRUCKEREI H. STÜRTZ A. G.

1914

TB e 12

278, 280

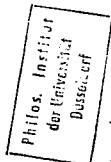
Alle Rechte vorbehalten.

Über die Bedeutung der Theorie für die Wissenschaft bestehen keine Meinungsverschiedenheiten. Das kopernikanische Weltssystem, die Darwinsche Theorie der Entstehung der Arten würden an sich schon genügen, um den gewaltigen Einfluss theoretischer Überlegungen auf die ganze Denkweise der Menschen zu zeigen. Keine Naturwissenschaft kann ohne Theorie bestehen, denn aus ihr wird erst die Anregung zu experimenteller Forschung geschöpft, durch sie werden die Ergebnisse untereinander verbunden.

Aber es gibt eine theoretische Wissenschaft, die sich zu einer besonderen Disziplin ausgebildet hat, die ihre eigenen Forschungsmethoden besitzt und weiter ausbildet, die man als die eigentliche theoretische Wissenschaft bezeichnen kann, die theoretische Physik. Wie selbständig diese Wissenschaft geworden ist, kann man daran erkennen, dass es besondere Lehrstühle für sie gibt, dass manche ihrer Vertreter niemals einen physikalischen Apparat in die Hand genommen haben, und doch den Anspruch erheben dürfen, Physiker zu sein und bei physikalischen Fragen mitzusprechen.

Es ist schon eine gewisse äusserliche Trennung zwischen experimenteller und theoretischer Physik eingetreten, indem viele theoretische Physiker dem Experiment ganz fern stehen, dagegen viele experimentelle Physiker ausser stande sind, die Methoden der theoretischen Physik zu handhaben, ja vielleicht sie überhaupt zu verstehen.

Viele der hervorragendsten Physiker haben sich schon früh der theoretischen oder der experimentellen Richtung zugewendet und jetzt ist die Trennung schon soweit vorge-



60/2.10.8

schritten, dass die jüngeren Physiker entweder theoretische oder experimentelle Physik studieren.

Ich kann diese scharfe Trennung von Theorie und Experiment nicht als zweckmässig bezeichnen, weil der Physiker, der nie etwas anderes als Theorie getrieben hat, Gefahr läuft, sich in künstlichen und spitzfindigen Spekulationen zu verlieren ohne die Zurechtweisung zu erfahren, welche die Natur ihren Beobachtern immer aufs neue angedeihen lässt. Andererseits können dem rein experimentellen Forscher leicht die Anregungen fehlen, welche aus der Theorie für die Anstellung neuer Versuche fortwährend hervorgehen. So wird es auch weiter wünschenswert sein, nicht zu früh sich auf einen dieser beiden Zweige zu beschränken, wenn auch durch die fortwährende enorme Steigerung des Umfangs der Wissenschaft es schwer geworden ist, noch das ganze Gebiet der Physik, sowohl der experimentellen wie der theoretischen, vollständig zu beherrschen.

Die selbständige Entwicklung der theoretischen Physik ist bedingt gewesen durch die Anwendung mathematischer Methoden auf naturwissenschaftliche Probleme. Erst hierdurch erhalten wir die quantitativen Beziehungen, die wir durch Vergleich mit der Beobachtung prüfen können. Erst durch die Aufstellung quantitativer Gesetze wird eine wirkliche physikalische Theorie begründet, erst durch die zahlenmässige Prüfung ihrer Aussagen durch die Beobachtung wird ihre Berechtigung erwiesen. Alle Theorien, die diese Feuerprobe nicht bestehen, müssen aus der Wissenschaft verschwinden. Deshalb sind blos qualitative Theorien höchstens als Anregungen für Versuche brauchbar, als wirkliche Leistungen der theoretischen Physik wird man sie nicht ansehen können.

Weil zur Aufstellung und Prüfung physikalischer Gesetze mathematische Methoden angewendet werden müssen, spricht man auch von einer mathematischen Physik. Aber theoretische und mathematische Physik sind nicht dasselbe. Die mathematische Physik besteht mehr in der Ausbildung

der für die Weiterbildung der theoretischen Physik erforderlichen mathematischen Hilfsmittel, während die theoretische Physik die Aufgabe hat, die Gesetze aufzustellen, durch die ein möglichst ausgedehntes Gebiet physikalischer Vorgänge beherrscht wird.

Hierin liegt auch der Unterschied zwischen einem Mathematiker und theoretischen Physiker begründet. Obwohl sich beide denselben Methoden bedienen, ist doch ihr Vorgehen durchaus verschieden. Der Mathematiker sucht Beziehungen zwischen geometrischen und Zahlen-Grössen auf, während der theoretische Physiker von Voraussetzungen ausgehen muss, deren er für die Auffindung der Naturgesetze bedarf. Der theoretische Physiker ist deshalb namentlich auf neuen Gebieten auf die Einführung von Hypothesen angewiesen. Er kann häufig durch die einfachsten mathematischen Hilfsmittel die wichtigsten Ergebnisse erhalten. Ferner ist der theoretischen Physik wie aller Naturekenntnis eine notwendige Weise nur annähernde Erkenntnis möglich, und die Berechnungen sind ebenfalls nur angenäherte. Es würde sogar zwecklos sein, die Genauigkeit der Berechnung weiterzutreiben als der Genauigkeit der Beobachtungen entspricht. Dem Mathematiker dagegen kommt es auf absolute Genauigkeit an und er wird ungern auf einem Gebiet arbeiten, wo er sich mit näherungsweise Berechnungen begnügen muss.

Die selbständige Entwicklung der theoretischen Physik ist auch besonders veranlasst durch die hervorragenden wissenschaftlichen Persönlichkeiten. Die grossen Meister der theoretischen Physik sind auch die grössten Naturforscher gewesen.

Wie bei aller menschlichen Tätigkeit ist auch in der Wissenschaft die Bedeutung der Persönlichkeit eine grosse, aber am grössten ist sie wohl in der theoretischen Physik. Bei den experimentierenden und beobachtenden Naturwissenschaftlern ist der Forscher an Methoden gebunden, die der Natur angepasst sind; seine Freiheit wird auf Schritt und Tritt durch die Natur selbst und die ihm zur Verfügung

stehenden Hilfsmittel eingeschränkt. Der Erfolg seiner Tätigkeit hängt wesentlich davon ab, ob ihm der Zufall eine neue Entdeckung in die Hand spielt. Die Leistung des Theoretikers dagegen ist in erster Linie durch die Gestaltungskraft seines Geistes bedingt. Er kann für die Auffindung seiner Hypothesen oder für die Vorstellungen, die er sich von den Naturvorgängen machen will, seiner Phantasie zunächst völlig freien Spielraum gewähren. Für eine rein theoretische Wissenschaft kann demnach der Willkür Tür und Tor offen stehen. In der Tat kann man finden, dass auf Gebieten der Naturwissenschaft, wo rein qualitative Theorien aufgestellt werden, häufig jeder Forscher seine besondere Theorie hat. Auch in der Physik gibt es Gebiete, wo in dieser Weise theoretisiert wird und wissenschaftliche Neuerungen sich nicht beweisen lassen, sondern durch Gewaltmassregeln aufgedrängt werden sollen.

Aber die wahre theoretische Physik besitzt das Palladium, durch das sie vor der Willkür geschützt wird, die quantitative Vergleichung mit den Beobachtungen.

Durch die Forderung der zahlenmässigen Prüfung wird die Freiheit des theoretischen Physikers gewaltig eingeschränkt. Er muss alle Theorien verwerfen, die keine quantitative Übereinstimmung zeigen, und jeder, der in dieser Weise theoretische Physik getrieben hat, wird finden, dass der bei weitem grösste Teil der Gedanken, die er zur Erklärung gewisser Vorgänge gefasst hat, sich als unbrauchbar erweist. Diese Ausübung durch die Natur selbst ist eine so grosse, dass sehr viele theoretische Physiker zeitweilig zur Unfruchtbarkeit verurteilt wurden. Während der gute Experimentator immer wieder auch nach vielen Misserfolgen etwas Brauchbares schaffen wird, kann der theoretische Physiker vielleicht sehr lange erfolglos arbeiten, wenn ihm nicht die richtigen Gedanken kommen. Helmholtz hat diese Qual des erfolglosen Denkens geschildert und diese wird sich um so leichter einstellen, je höher die Ansprüche sind, die der Forscher an

seine Arbeit stellt. Von diesen Schwierigkeiten hat der bloss qualitative Theorien aufstellende Forscher keine Vorstellung; denn es macht meistens nicht die mindeste Schwierigkeit, gleich ein halbes Dutzend von Hypothesen aufzustellen, welche Naturvorgänge erklären, solange man auf die genaue quantitative Prüfung verzichtet.

Trotz der ausserordentlichen Beschränkung, welche die Forderung der Aufstellung quantitativer Gesetze dem theoretischen Physiker auferlegt, ist die Freiheit doch noch gross genug, um für die wahrhaft grossen Forscher die Entfaltung ihrer Persönlichkeit zu ermöglichen.

Tatsächlich ist die Richtung, in der die Entwicklung der Wissenschaft zu gehen hat, keineswegs durch die Natur so fest vorgeschrieben, dass keine Abweichungen möglich wären. Wenn auch die mathematische Form der Naturgesetze schliesslich eine bestimmte sein muss, so kann dieses Ziel doch auf verschiedenen Wegen erreicht werden, die dann auf die weitere Entwicklung entscheidenden Einfluss haben können. Es kommt dazu, dass bei der nur angenäherten Gültigkeit aller Naturgesetze die Abweichungen nach verschiedenen Richtungen möglich erscheinen, so dass dem theoretischen Physiker doch ein gewisses Mass von Bewegungsfreiheit bleibt. Dann kann es für die weitere Entwicklung der Wissenschaft massgebend sein, welcher Weg von einer führenden Persönlichkeit eingeschlagen wird. Je grösser diese Persönlichkeit ist, um so grösser wird der Impuls sein, den die Bewegung der Wissenschaft in einer bestimmten Richtung erhält, die dann zuweilen sehr lange Zeit beibehalten wird. Es hat wohl keine wissenschaftliche Persönlichkeit von grösserer Kraft gegeben als Isaac Newton. Goethe, der ihn in seiner Farbenlehre heftig bekämpfte, wirft ihm Gewaltthätigkeit vor. Aber es hat auch wieder keinen Forscher gegeben, bei dem das subjektive Element mehr in den Hintergrund tritt und alles persönliche hinter der Sache zu verschwinden scheint, als bei Newton. Die Macht, die Newton anwendet, ist eben die der wahren

wissenschaftlichen Methode und es ist nicht zu verwundern, dass sie eine ungeheurer überzeugende Kraft besass. Jedfalls viel mehr als die heftigen Ausfälle, die manchmal bei wissenschaftlichen Meinungsverschiedenheiten gemacht werden und auf die auch Goethe besser verzichtet hätte.

Die Begründung der theoretischen Mechanik und die Aufstellung des Gravitationsgesetzes durch Newton ist die bedeutendste Leistung, deren die theoretische Physik bis jetzt fähig gewesen ist. Bei ihr ist die Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen der Theorie und der Beobachtung so gross, dass auch die neuere ausserordentliche Verfeinerung der astronomischen Hilfsmittel keine sichere Abweichung ergeben hat. So gross ist denn auch der Einfluss dieser Theorie gewesen, dass man hier den Schlüssel zu allen physikalischen Vorgängen zu haben meinte. Helmholtz bezeichnet es noch in seiner Schrift über die Erhaltung der Kraft als die Aufgabe der theoretischen Physik, alle Vorgänge auf anzudeutende und abstossende Kräfte zurückzuführen, die in dem Gravitationsgesetz sich so erfolgreich erwiesen hatten. Erst in der neueren Zeit sind wir in dieser Frage kritischer geworden, so dass die in der Richtung des Abstandes wirkenden Kräfte viel weniger als früher in der Physik benutzt werden.

Es ist natürlich, dass eine bedeutende wissenschaftliche Persönlichkeit, die grosse Erfolge errungen hat, auch eine grosse autoritative Bedeutung erhält. So sehr wir an den wissenschaftlichen Leistungen auch der hervorragenden Forscher Kritik zu üben uns vorbehalten, so wird sich Niemand der Einwirkung eines grossen Forschers ganz entziehen können. Dass hierdurch manchmal die Entwicklung der Wissenschaft ungünstig beeinflusst wird, sehen wir auch an dem Beispiele Newtons. Er stellte seine Emanationstheorie des Lichts der Wellentheorie von Huygens gegenüber und so gross war seine Autorität, dass die Wissenschaft mehr als hundert Jahre lang der Newtonschen Theorie folgte. Heute ist die wissenschaftliche Arbeit so intensiv, dass es kaum mehr möglich

sein dürfte, dass sich die theoretische Physik so lange Zeit auf einer falschen Bahn bewegt. Aber dass wir für kürzere Zeit durch eine originelle Persönlichkeit auf einen falschen Weg gerissen werden, kann auch in der jetzigen Zeit vorkommen.

Welches sind denn nun die Aufgaben und Methoden der theoretischen Physik?

Man hat früher die induktive und die deduktive Methode in der Wissenschaft unterschieden. Die erstere soll von speziellen Erfahrungen aus allmählich zu allgemeinen Einsichten gelangen, die zweite aus allgemeinen Voraussetzungen spezielle Folgerungen ziehen. Kant verlangte noch von jeder Wissenschaft, dass sie aus einheitlichen Prinzipien logisch entwickelt werde. Chemie und experimentelle Physik erkannte er nicht als Wissenschaft an. Dagegen war ihm die theoretische Physik das Muster einer Naturwissenschaft. Heute haben sich die Ansichten wesentlich geändert. Ganz abgesehen von dem Kantischen Standpunkt ist der Unterschied zwischen induktiver und deduktiver Methode kaum mehr streng aufrecht zu erhalten.

Die theoretische Physik ist nur zum Teil als deduktiv zu bezeichnen. Sie wird erst deduktiv, wenn durch lange Vorarbeit ein allgemeines Gesetz gewonnen ist, aus dem sich nun weitere Folgerungen ziehen lassen. Aber bei der Vorarbeit muss das induktive Verfahren vorausgegangen sein. Ähnlich liegt es mit dem Begriff der Kausalität, der gerade in der Entwicklung der theoretischen Physik eine grosse Rolle spielt hat. Wenn man die Kausalität als den Satz von Ursache und Wirkung bezeichnet, so hat er in der theoretischen Physik mehr verwirrend als aufklärend gewirkt. Durch die Bezeichnung einer Kraft als Ursache, dagegen einer Bewegung als Wirkung ist in die Mechanik eine Unklarheit gebracht, die erst durch Kirchhoff beseitigt wurde, indem er als Aufgabe der Mechanik hinstellte, die Bewegungen vollständig und aufs einfachste zu beschreiben. Diese Beschreibung ist nun

aber nicht etwa im Sinne einer Erdbeschreibung zu denken, sondern es handelt sich um die Aufstellung von mathematischen Beziehungen, durch deren Auflösung sämtliche Fragen beantwortet werden können, die man über die beschriebene Bewegung stellen kann. Diese Aufstellung funktioneller Zusammenhänge ist recht eigentlich die Aufgabe der theoretischen Physik. Von Kausalität ist dabei nicht die Rede. Wenn in den Wellen der drahtlosen Telegraphie elektrische und magnetische Kräfte existieren, so würde es nicht richtig sein, die magnetischen Kräfte als Wirkung der elektrischen zu bezeichnen, wie wir es bei dem Elektromagneten zu tun gewohnt sind. Elektrische und magnetische Kräfte sind eben immer miteinander verknüpft, ohne dass man die eine als Wirkung, die andere als Ursache zu bezeichnen berechtigt wäre.

So ist es allmählich gelungen, die theoretische Physik aller metaphysischen Reste vollständig zu entkleiden und ihre vornehmste Aufgabe darin zu erblicken, die mathematisch ausgedrückten Naturgesetze aufzustellen und Folgerungen aus ihnen zu ziehen.

Wenn wir nun aber nach den Methoden fragen, deren sich die theoretische Physik zu bedienen hat, so können wir keine allgemeine Antwort darauf geben. Es ist schon wir gut organisierte Verwaltungsmaschine ebenso wie ein Arbeit, nachdem einmal die Methoden der Forschung festgelegt sind. In der Tat haben wohl auch die grossen Forscher des 17. und 18. Jahrhunderts geglaubt, dass in der analytischen Mechanik die Grundlagen der exakten Naturwissenschaft, ja überhaupt aller Erkenntnis gelegt seien. Diese Anschauung hat in dem bekannten Ausdruck ihren Ausdruck gefunden, dass es nur der Integration eines genügend allgemeinen Systems von Differentialgleichungen bedürfe, um zu wissen, wer die schwarze Maske war. Solche Übertreibungen können wir der Begeisterung über die grossen Leistungen der theoretischen Physik zu gute halten. Jetzt sind wir viel bescheidener ge-

worden. Wir wissen, dass die analytische Mechanik, weit entfernt die ausreichende Grundlage der ganzen Naturwissenschaft zu sein, nicht einmal ausreicht für das Gebilde der theoretischen Physik. Alle Versuche, die elektromagnetischen Vorgänge auf die Mechanik zurückzuführen, sind als gescheitert zu betrachten. So hat sich die theoretische Physik hier neue Grundlagen schaffen müssen, und es ist wahrscheinlich, dass sie noch oft in die Lage kommen wird, diese Grundlagen zu erweitern. Es ist das in mancher Beziehung bedauerlich. Wir sehen, dass die Natur viel zusammengefasst und verwickelter ist, als wir früher anzunehmen geneigt waren. Es müssen deshalb auch die Grundbegriffe, mit denen gearbeitet wird, allgemeiner gefasst werden. Das hat zur Folge, dass das Verständnis der Wissenschaft erheblich erschwert wird. Die Begriffe der Kraft und Masse, auf die die alte Mechanik gebaut wurde, sind allmählich jedem Gebildeten geläufig geworden, wenigstens bildet sich jeder ein, sich etwas Bestimmtes dabei vorstellen zu können. Aber elektrisches und magnetisches Feld, elektrische Ladung kommen uns ungleich abstrakter vor. Tatsächlich weiss man von der Masse und der Kraft nicht mehr als von elektrischen Ladungen, aber die ältere Gewohnheit beansprucht ihr Recht. Nun geht aber tatsächlich die Abstraktion viel weiter. In der neueren Relativtheorie sind die Ansprüche an unser Denken sehr erheblich gesteigert. Die Forderung, uns von Altgewohntem frei zu machen, ist sehr gewachsen, wie man daran erkennen kann, dass der Begriff der absoluten Zeit aufgegeben werden soll und die Zeit als die vierte und noch dazu imaginäre Raumdimension uns entgegentritt. Mag nun diese Theorie richtig sein oder nicht, jedenfalls dürfen wir nicht hoffen, künftig mit weniger abstrakten Begriffen auszukommen. Die Theorie der Bewegung selbst ist uns wie alle allgemeinen Naturgesetze durch die Erfahrung aufgedrängt. Der Gedanke, dass es nur eine relative Bewegung gibt, ist alt und immer sehr einleuchtend gewesen. In der alten Mechanik hat er

sich als durchführbar erwiesen. In der Optik, wo man die Existenz des Lichtäthers annahm, war immer eine Bewegung relativ zu diesem Träger der Lichtwellen möglich. Die neuere Theorie der Relativität muss daher, wenn sie folgerichtig sein will, den Lichtäther leugnen. Dadurch verzichten wir auf die Vorstellung eines Mediums, in welchem sich nach der bisherigen Vorstellung die Lichtwellen ausbreiten. Dadurch, dass wir uns die Lichtwellen als elektrische und magnetische Kräfte im leeren Raum vorstellen sollen, entfernen wir uns wieder von gewohnten Vorstellungen. Weitere Folgerungen, wie die, dass jede Energie, welcher Art sie sei, wie die Materie träge Masse hat, führen uns schon wieder weit über das vorliegende Erfahrungsgebiet hinaus. Dieser Schluss wirft wieder eine neue Frage auf, ob nun, da sonst alle Masse der Schwerekraft unterliegt, dies auch für die Energie der Fall ist. Ein an einem Himmelskörper vorübergehender Lichtstrahl müsste hiernach, weil in dem Lichtstrahl sich Energie fortpflanzt, eine Ablenkung erfahren. Wenn dies aber wirklich der Fall ist, so ist die Lichtgeschwindigkeit nicht unveränderlich, sondern von der Schwerkraft abhängig und dann entzieht sich die neuere Relativitätstheorie selbst den Boden, da sie auf der Annahme der unveränderlichen Lichtgeschwindigkeit aufgebaut ist. In engen Zusammenhänge mit diesen Fragen stellt das Problem, das Prinzip der Relativität so zu verallgemeinern, dass es nicht nur für konstante Geschwindigkeiten sondern überhaupt für alle Bewegungsvorgänge gilt. Es erscheint sehr fraglich, ob sich diese Verallgemeinerung wird durchführen lassen. Jedenfalls müsste die Theorie dann so verwickelt sein, dass der Gewinn zweifelhaft bleibt.

Für den unbeteiligten Beobachter kann die heutige theoretische Physik leicht den Eindruck eines Chaos machen, und da ein Säulenstumpf einer alten Theorie stehend hervorragt. Aber die Verhältnisse liegen doch tatsächlich günstiger. Ich möchte die theoretische Physik vergleichen mit einem

Koloniallande von unbegrenzter Ausdehnung. Das der Kultur gewonnene Gebiet ist in festen Besitz genommen, aber an den Grenzen arbeiten die Pioniere daran, die Grenzen immer weiter hinauszurücken. Die Pionierarbeit vergangener Zeit hat dazu gedient, das Land der Kultur zu gewinnen, sie ist gefestigt und gesichert. Das Vorrücken der Grenzen erfordert aber immer neuen Kampf und neue Arbeit und manche Anstrengung wird hier vergeblich sein. Wir leben in einer Zeit, in der diese Grenzen besonders weit hinaus gerückt werden, und wir sind gewohnt, unsere Blicke besonders nach dem Grenzlande zu richten.

So darf die theoretische Physik sich niemals mit dem Gedanken beruhigen, dass sie die endgültigen Methoden ihrer Forschungsweise geerbt hat. Sie muss diese Methoden immer den Bedürfnissen der Wissenschaft anpassen und wenn es nötig wird, neue ersinnen. Der Physiker ist ja von jeher darauf angewiesen, seine Messmethoden, seine Apparate, seine Theorien selbst zu schaffen. Selbst bei der Mathematik kann er bei der neueren Entwicklung dieser Wissenschaft kaum mehr Anleihen machen. Andere Disziplinen der Naturforschung entnehmen der Physik das Mikroskop, die Waage, die elektrischen Apparate häufig ohne sich von der Wirkungsweise dieser Hilfsmittel genaue Rechenschaft geben zu können. Die Physik ist in der Ausbildung ihrer Hilfsmittel glücklicherweise ganz unabhängig.

Ein sehr reiches Beispiel für die Ausbildung selbständiger neuer Methoden in der theoretischen Physik bietet die Entwicklung der sogenannten Statistik.

Früher hat man von der theoretischen Physik verlangt, die gesetzmässigen Zusammenhänge der Naturvorgänge aufzusuchen. Die statistische Methode verzichtet zunächst ganz auf die Auffindung der elementaren Gesetze und gelangt doch zu überraschenden Ergebnissen, die ihre Bestätigung durch die Erfahrung gefunden haben. Die Statistik ist zuerst auf die menschlichen Massenerscheinungen angewandt worden.

Sie beschäftigt sich mit einer grossen Zahl von Individuen, die in einem bestimmten Merkmal übereinstimmen. Die Gesamtheit erfährt Einflüsse durch die Zustandsänderungen der Individuen im Laufe der Zeit und die Statistik hat den Ablauf dieser Änderungen der Gesamtheit festzustellen.

In dieser Statistik muss zuerst die meist sehr mühsame Arbeit der Zählung vorgenommen werden. Diese Zählung muss auf eine sehr grosse Zahl von Individuen ausgedehnt werden, wenn man zu einigermaßen sicheren statistischen Ergebnissen gelangen will. Erst wenn genügendes Material vorliegt, kann zu der theoretischen Durcharbeitung geschritten werden. Hierbei benutzt man entweder die absoluten Zahlen, die relativen Zahlen oder die Mittelwerte. Die absoluten Zahlen spielen in der Bevölkerungsstatistik eine grosse Rolle, die relativen Zahlen lassen die Existenz gewisser Gesetzmässigkeiten kennen, deren Begründung der Zukunft vorbehalten bleibt. Ich erwähne als Beispiel die Tatsache, dass auf 100 Mädchen-geburten 105 Knabengeburten fallen. Wenn man auf die Abweichungen von diesem Verhältnis die Wahrscheinlichkeitsrechnung anwendet, so erhält man eine auffallende Übereinstimmung zwischen Theorie und Erfahrung. Neuerdings hat man mathematische Methoden zur Darstellung statistischer Reihen auf Grund der Wahrscheinlichkeitsrechnung ausgebildet. So hat man verhältnismässig einfache Formeln zur Gewinnung der sogenannten Häufigkeitskurve aufgestellt. Man kann z. B. für die Ehescheidungen eine Kurve erhalten, die sich den Beobachtungen eng anschliesst, in den ersten drei Jahren zu einem Maximum ansteigt, um dann asymptotisch auf Null zu fallen.

Die unzähligen Probleme der menschlichen Statistik stehen alle auf dem Boden der Wahrscheinlichkeitsrechnung und die Anwendung dieser mathematischen Disziplin stellt die strengsten Anforderungen an die Einführung scharf definierter Begriffe. Bei der Theorie der Sterblichkeit z. B. hat man streng zu unterscheiden zwischen wahrscheinlicher und wahrscheinlichster

Lebensdauer. Die wahrscheinliche Lebensdauer ist die Zeit, die von einem bestimmten Lebensalter an nicht lebend zu erreichen ebenso wahrscheinlich ist als sie zu überleben. Die wahrscheinlichste Lebensdauer dagegen berechnet sich aus dem Maximum der Lebenswahrscheinlichkeit, ist also eine ganz andere Grösse.

Die schematische Ausbildung dieser Statistik ist zu einem umfangreichen Lehrgebäude emporgewachsen und bildet die Unterlage wichtiger nationalökonomischer Probleme, wie der Berechnung der Invaliditäts- und Altersrenten, überhaupt der gesamten Theorie der Versicherungen. Nun hat sich auch die theoretische Physik dieser statistischen Methoden bemächtigt, hat ihnen ihren eigenen Stempel aufgedrückt und wendet sie in immerwachsendem Umfange an. Obwohl der erste Anfang dieser Theorien nicht viel älter als ein halbes Jahrhundert ist, sind sie doch schon zu einer ausserordentlichen Bedeutung emporgewachsen, so dass sie sich heute im Mittelpunkt der theoretischen Physik befinden. Die Grundlage dieser Anwendung der Statistik auf physikalische Probleme verdankt die Physik der von der Chemie eingeführten Atomistik. Da wir uns jeden sichtbaren Körper aus einer ungeheuren Zahl von Atomen vorzustellen haben, können wir auch die Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung anwenden. Die physikalische Statistik hat die Gesetze der atomistischen Massenerscheinungen aufzustellen ähnlich wie bei der Theorie der menschlichen Massenerscheinungen. Man kann sogar sagen, dass die Umstände hier günstiger liegen, weil wir es erstens immer mit einer viel grösseren Zahl von Atomen zu tun haben als in der Statistik mit menschlichen Individuen, dann aber auch weil die Gesetze, unter denen die Veränderungen ablaufen, jedenfalls unveränderlich sind, was bei den menschlichen Verhältnissen zweifelhaft ist. Einer der ersten und wichtigsten Begriffe, den die Statistik in die Physik eingeführt hat, ist der der mittleren freien Weglänge. Die Atome eines erwärmten Gases be-

finden sich in beständiger unregelmässiger Bewegung. Bei dieser Bewegung erfahren die Atome Zusammenstösse und zwar wird die Wegstrecke, die ein Atom zwischen zwei Zusammenstössen zurücklegt, sehr verschieden sein. Aber man kann einen Mittelwert dieser Wegstrecken bilden, den man eben die mittlere freie Weglänge nennt.

Die mittlere freie Weglänge wird von der Anzahl der Moleküle und von ihrer Grösse abhängen. Sie ist eine messbare Grösse, weil von ihr z. B. die Ausbreitung der Wärme in einem Gase bestimmt wird. Die Grösse der Moleküle multipliziert mit ihrer Anzahl gibt uns das von der Materie wirklich eingenommene Volumen, das wir im flüssigen Zustande annähernd dem wirklichen Volumen gleichsetzen können. So haben wir zwei Beziehungen, die Zahl und Grösse der Moleküle enthalten, so dass wir jede von beiden berechnen können. Seit dieser ersten Schätzung hat sich die Zahl der Wege, auf denen man zur Bestimmung der Anzahl der Atome gelangen kann, sehr vermehrt. Besonders wichtig sind die Methoden, die zuerst die elektrische Elementarladung bestimmen erlaubten. Aus den durch die Elektrolyse bekannten Verhältnissen von Masse zu Ladung kann man das Gewicht des einzelnen Atoms ableiten, woraus sich dann auch unmittelbar die Anzahl ergibt. Helmholtz war der erste, der die atomistische Struktur der Elektrizität aus den Vorgängen der Elektrolyse erschlossen hat und aussprechen konnte, dass jedes geladene Atom immer nur ein ganzes Vielfache einer unveränderlichen elektrischen Elementarladung aufnehmen kann. Seitdem sind wir in der Kenntnis dieser elektrischen Elementarladung erheblich fortgeschritten. Die negative elektrischen Elementarladung tritt bei den verschiedenen neu entdeckten Strahlungen als schnell bewegtes Elektron selbständig und ohne Verbindung mit der Materie auf. In den Kathodenstrahlen einer Hittorfschen Röhre können wir diese bewegten Elektronen beobachten und den Einfluss fremder Kräfte unterwerfen. Wir können diese Elektronen durch Auftreffen auf

festen Körper die Röntgenstrahlen erzeugen lassen. Die entsprechenden positive Elementarladung hat man bis jetzt nicht auffinden können und es hat den Anschein, als ob die positive Ladung nur durch das Fehlen negativer Elektronen bedingt sei. Die Bestimmung der elektrischen Elementarladung gelingt nun auf verschiedene Weise. Der einfachste Weg ist die Abzählung der α -Strahlen des Radiums. Die α -Strahlen bestehen aus doppelt geladenen Heliumatomen und jedes einzelne α -Atom löst auf einem mit Zinksulfid bedeckten Schirm eine beobachtbare Lichtwirkung aus. Man kann also direkt die Anzahl der auftretenden α -Atome zählen und die von ihnen mitgeführte Elektrizitätsmenge messen. Hieraus erhält man die elektrische Elementarladung, und da das Verhältnis zwischen Masse und Ladung bekannt ist, gewinnt man auch das Gewicht eines Atoms und damit ihre Anzahl.

Die mit Hilfe der verschiedensten Methoden gewonnenen Zahlen der Atome eines Gases in einem Kubikzentimeter stimmen sehr befriedigend überein, so dass man diese Zahl jetzt als eine der am besten bekannten in der Physik ansehen kann.

Eine andere sehr wichtige Folgerung der Statistik war die Feststellung, dass sich die Bewegungsenergie gleichmässig auf die einzelnen Bewegungsmöglichkeiten der Atome verteilt, wobei bei einem freien Atom jede Raumdimension eine Bewegungsmöglichkeit darstellt. So haben in einem Gase, das aus verschiedenen Atomen besteht, die verschiedenen Atome alle dieselbe mittlere Bewegungsenergie. Das hat zu einer wichtigen Folgerung geführt, nämlich zur Theorie der sogenannten Brownschen Bewegung.

Es war schon lange bekannt, dass man im Mikroskop bei sehr starker Vergrösserung in einer Flüssigkeit unregelmässige Bewegungen sehr kleiner Fremdkörper beobachtet. Erst in neuerer Zeit hat man die richtige Erklärung darin gefunden, dass es sich um Bewegungen handelt, die durch die Molekularbewegung veranlasst werden. Die kleinen Fremd-

Körper verhalten sich wie die Atome eines Gases von sehr hohem Atomgewicht und die mittlere Bewegungsenergie eines solchen muss eben so gross sein, wie die jedes andern Atoms. In der That hat man nun die Bewegung dieser kleinsten Theilchen beobachten, ihre Geschwindigkeit und mittlere Bewegungsenergie messen können. Es hat sich eine überraschende Übereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung ergeben und man kann in diesen Beobachtungen eine der sichersten Stützen für die Richtigkeit der statistischen Methode erblicken.

Wenn somit die Statistik in der Molekulartheorie grosse Erfolge erreicht hat, so sind ihr doch erhebliche Schwierigkeiten entgegengetreten, deren Überwindung immer noch nicht gelungen ist.

Diese Schwierigkeiten traten zuerst deutlich hervor in der Theorie der Wärmestrahlung. Diese Strahlung rührt in der Wärme der Körper her und wird daher jedenfalls von der Molekularbewegung veranlasst. Die ungeordneten Bewegungen der Moleküle, die zur Anwendung der Statistik geführt haben, müssen auch in die Wärmestrahlung etwas Ungeordnetes hineinbringen, so dass auch die Strahlung statistischen Behandlung zugänglich sein muss. Nun unterscheidet sich aber die Strahlung von der Molekularbewegung dadurch, dass sie auch im leeren Raum existiert, wo wir keine Veranlassung haben, etwas der Molekularstruktur der Körper Entsprechendes voranzusetzen. Dies erschwert die Anwendung der Statistik, die sich auf die Möglichkeit der Abzählung gründen muss. Trotzdem hat man die in der Gastheorie bewährte Statistik auch mit Erfolg auf die Strahlung anwenden können, wenn man sich nur auf Strahlung von verhältnismässig grosser Wellenlänge beschränkt. Man kann dann den Satz der gleichmässigen Verteilung der Energie auf die Bewegungsmöglichkeiten auch auf die Strahlung anwenden, indem man sich die Strahlung aus Wellensystemen zusammengesetzt denkt, die etwa den Wellen auf einer Violinseite analog sind. Alle Wellensysteme, die als stehende

Wellen auf einer Violinseite möglich sind, stellen Bewegungsmöglichkeiten dar und auf jede solche Welle muss der gleiche Energiebetrag fallen, dessen Grösse ausserdem durch die Bewegungsenegie eines Atoms bestimmt ist. In der That erhält man auf diese Weise das für lange Wellen richtige Strahlungsgesetz und auch den richtigen Betrag der Strahlungsenegie.

Diese neue glänzende Bestätigung der Statistik ist dann wesentlich dadurch beeinträchtigt, dass das so abgeleitete Strahlungsgesetz zu gelten aufhört, wenn man zu kurzen Wellenlängen übergeht. Es ist ganz sicher, dass hier die gewöhnliche Statistik vollständig versagt. Um zu einem Strahlungsgesetz zu gelangen, das mit der Erfahrung übereinstimmt, muss man ein ganz anderes statistisches Verfahren benutzen, das sich am einfachsten so deuten lässt, dass die Energie der vorkommenden Schwingungen bei der statistischen Verteilung nicht in beliebig kleine Teile zerlegt werden kann, sondern an gewisse nicht weiter teilbare Energieelemente gebunden ist. Diese Annahme der Energieelemente spielt eine grosse Rolle in der neuesten Entwicklung der theoretischen Physik. Was diese Hypothese sehr schwer verständlich macht, ist der Umstand, dass die Grösse dieser Energieelemente nicht unveränderlich ist, sondern von der Schwingungszahl abhängt. Je schneller die Schwingungen erfolgen, um so grösser müssen diese Energieelemente sein, wenn man mit den thermodynamisch ableitbaren Gesetzen der Strahlung in Übereinstimmung bleiben will. Man sieht, dass die Hypothese der Energieelemente nur eine Deutung der besonderen statistischen Behandlung ist, die von der Strahlungstheorie gefordert wird. Es hat sich nun gezeigt, dass diese Art die Statistik durchzuführen auch für andere physikalische Gebiete notwendig ist. Es war schon lange bekannt, dass die spezifischen Wärmen der einatomigen festen Körper mit der Temperatur abnehmen. Neuerdings hat man diese Abnahme bis zu sehr tiefen Temperaturen verfolgen können. Diese Abnahme lässt sich erklären, wenn

man annimmt, dass die Wärmeenergie sich auf die Atome statistisch nach Energieelementen verteilt und zwar stimmen auch hier Beobachtungen und Theorie auf das befriedigendste überein.

Es ist nicht zu verwundern, dass die elementaren Vorgänge, die einer solchen nur für die statistische Behandlung werden können. In der Tat passt diese Hypothese sehr wenig in den Rahmen der übrigen theoretischen Physik. So lange wir diese Vorgänge nur mit rein statistischen Methoden behandeln können, wird es schwer sein, die elementaren Gesetze aufzufinden. Im allgemeinen können wir nur die gemeinsame Wirkung sehr vieler Atome beobachten. So lange dies der Fall ist, sind wir auf statistische Methoden angewiesen. In einzelnen Fällen, wo es gelungen ist, auch die Wirkung des einzelnen bewegten Atoms zu beobachten, wie bei der Licht-erregung durch die α -Strahlen, erstreckt sich diese doch auf eine grosse Zahl von ruhenden Molekülen und erhält daher wieder einen statistischen Charakter. So können wir sagen, dass die statistischen Methoden in dem Masse an Bedeutung gewinnen werden, als sich die Physik mit molekularen und atomistischen Vorgängen beschäftigen wird, was man wohl als ihre Hauptaufgabe für die nächste Zukunft bezeichnen kann. Die Statistik sagt uns, dass die Aussendung des Lichtes ein unsteuiger Vorgang ist, wie es der Hypothese der Energieelemente entspricht. Aber die allgemeinen physikalischen Gesetze scheinen auch für die Lichtemission zu gelten. Man wird deshalb so lange als irgend möglich an der allgemeinen Gültigkeit der Gesetze der theoretischen Physik auch für die atomistischen Vorgänge und die besonderen Eigentümlichkeiten der atomistischen Vorgänge durch besondere Zusatzkräfte erklären müssen, die im Innern der Atome auftreten.

Wie nun auch die Theorie des Atoms und ihre Beziehungen zu den Energieelementen sich in Zukunft gestalten mag, eines muss man doch vor allem im Auge behalten, dass diese

Energieelemente nur durch die Statistik eingeführt sind. Und man kann die Ergebnisse der Theorie auch so deuten, dass die Unordnung in den Molekularbewegungen, wie sie durch die Wärmebewegungen hervorgerufen wird, nur bei sehr hohen Temperaturen eine vollständige ist, sonst aber in einer von der Schwingungszahl abhängigen Weise mit der Temperatur die Bewegung in eine vollständig geordnete übergeht. Die gewöhnliche Wahrscheinlichkeitsrechnung können wir auf molekulare Vorgänge nur anwenden, wenn wir nach dem Satz vom zureichenden Grund jede Abweichung von der völligen Unregelmässigkeit leugnen. Wenn aber in der Natur der Molekularbewegungen irgendwelche Regelmässigkeiten liegen, so kann die Anwendung der gewöhnlichen Statistik versagen. Man darf daher aus der Theorie der Energieelemente keine zu weitgehenden Schlüsse auf die elementaren Vorgänge ziehen.

Es erscheint nicht ganz unmöglich, in den inneren Bau des Atoms auch ohne Statistik einzudringen. Ein solcher Weg wäre, falls er sich als gangbar erwiese, natürlich viel aussichtsreicher. Die Möglichkeit hierzu wird durch die Spektrallinien geboten. Bei diesen unterliegt nämlich eine beobachtbare Grösse nicht der statistischen Unregelmässigkeit, die Schwingungszahl, durch welche die Farbe der Linie bestimmt wird. Viele Spektrallinien sind ausserordentlich fein und nur zu erklären durch sehr regelmässige Schwingungen der Elektronen während einer grossen Anzahl von Schwingungen, die nach Millionen zählt.

Diese Spektrallinien haben sich in bestimmte Reihen einordnen lassen, in denen man die Schwingungszahlen der aufeinander folgenden Linien durch Einsetzen der ganzen Zahlen in eine Formel von einfachem Bau erhält. Was diese sogenannten Spektralserien von anderen Eigenschwingungen, z. B. von der Reihe der Obertöne auf einer Violinseite unterscheidet, ist die Eigentümlichkeit, dass die Obertöne der Violine bis zu immer grösser werdenden Schwingungszahlen fortschreiten, während die Spektrallinie eine endliche Grenze hat, über die hinaus

die Schwingungszahlen nicht wachsen können. In der Nähe dieser Grenze läuften sich dann die Spektrallinien zu unendlicher Dichte an, wobei dann jede Linie eine immer mehr abnehmende Intensität haben muss.

Neuerdings ist es gelungen, diese Spektralserien mit der Theorie der Energieelemente in Beziehung zu bringen. Diese Bohrsche Theorie ist aber noch nicht einheitlich, sie folgt vielmehr teilweise den Gesetzen der elektromagnetischen Theorie, teilweise widerspricht sie ihr. Ihr Hauptmangel besteht darin, dass sie nicht das Mindeste über den Mechanismus des Leuchtens aussagt. Aber beträchtlichen heuristischen Wert wird man ihr nicht absprechen können. Neuerdings kann man auch bei den Röntgenstrahlen Spektrallinien beobachten, indem man nach der Entdeckung von Laue die Atome eines Kristalls als optischen Apparat für die Erzeugung des Spektrums benutzt. Die Wellenlänge der Röntgenstrahlen nämlich ist so kurz, sie zählt nach Zehnmillionstel Millimeter, dass die in regelmäßigen Abständen gezogenen Striche eines Kristalls auf die Röntgenstrahlen so wirken, wie die in regelmäßigen Abständen gezogenen Striche eines optischen Gitters auf das Licht. Die Bohrsche Theorie hat sich nun auch auf diese Spektren der Röntgenstrahlen anwenden lassen. Dabei sind die der Theorie zugrunde liegenden Vorstellungen sehr einfach. Wie schon früher oft angenommen wurde, soll das Wasserstoffatom der Baustein der Materie sein. Das Wasserstoffatom soll nach der Ansicht von Rutherford aus einem Kern von positiver Elektrizität bestehen, dessen Ausdehnung ausserordentlich klein ist, noch kleiner als der des negativen Elektrons, das schon nach Billionstel Millimeter misst.

Um diesen positiven Kern läuft, gleichsam als Planet, durch die elektrische Anziehung festgehalten, ein negatives Elektron. Die Grösse des Atoms wird dann durch den Durchmesser der Elektronenbahn bestimmt. Ein Heliumatom besteht aus einem positiven Kern von doppelter Elektrizitätsmenge und zwei kreisenden Elektronen. Dabei hängt das Atomgewicht

von dem Durchmesser des positiven Kerns ab. Die doppelte Ladung in dieselbe Kugel konzentriert ergibt das vierfache Gewicht. Es macht also keine Schwierigkeit mit den wirklichen Atomgewichten in Übereinstimmung zu bleiben.

Wenn nun wirklich die elektromagnetischen Gesetze bis ins Innere der Atome gelten, so kann aber doch unmöglich diese einfache Vorstellung des Atombaus richtig sein. Denn dann haben wir keine solchen Kräfte, wie sie für die Erzeugung der Spektralserien erforderlich sind. Es wird nun die Aufgabe sein, die im Innern des Atoms auftretenden neuen Kräfte so zu wählen, dass die merkwürdigen Gesetzmässigkeiten der Spektrallinien sich ergeben.

So sehen wir, dass die theoretische Physik ihre Methoden ebenso wie ihre Grundlagen beständig zu prüfen und zu erneuern hat. Sie kommt so naturgemäss auch dazu, zu untersuchen, wo die Grenzen der theoretischen Erkenntnis liegen, und hat sich vor allem die Frage vorzulegen, ob das natürliche Geschehen in seiner Gesamtheit den Methoden der theoretischen Physik zugänglich ist. Bei der Beantwortung dieser Frage werden sich zunächst Zweifel einfinden, ob die Äusserung der Materie, die wir das organische Leben nennen, derselben wissenschaftlichen Behandlung zugänglich sei, wie die anorganische Welt. Für die theoretische Erklärung der Vorgänge der unbelebten Natur verlangen wir, dass die logischen Folgerungen unserer Theorien mit dem natürlichen Geschehen in Übereinstimmung bleiben. Können wir etwas gleiches für die psychologischen Prozesse erwarten? Ich glaube, dass die meisten Naturforscher mit mir übereinstimmen werden, dass diese Frage zu verneinen sei. Denn das logische Denken ist selbst ein psychologischer Vorgang. Das Bewusstsein kann nicht durch logische Operationen bis zu seinen Elementen weiter analysiert werden. Wenn wir aber zugeben müssen, dass vor den seelischen Vorgängen die Grenze der theoretischen Forschung liegt, so wird man weiter sagen, dass ein vollständiges Erkennen der Natur nicht möglich ist.

Aber noch in anderer Weise ist die Frage nach den Grenzen der Naturforschung zu stellen. Sie liegt in der Frage nach dem unendlich Grossen und unendlich Kleinen. Das erste Problem ist ein wesentlich astronomisches. Die Astronomen neigen der Ansicht zu, dass die Zahl der Himmelskörper nicht eine unbegrenzt grosse sei, sondern endlich. Man hat das aus der Beobachtung gefolgert, dass die Zahl der Fixsterne mit der Vergrösserung der Leistung der Fernrohre nicht in gleichem Verhältnis zunimmt, sondern in geringerem. Man gelangt daher zu der Überzeugung, dass die Hauptmasse der Himmelskörper ein einziges System, das der Milchstrasse, bildet, während ausserhalb nur noch ganz wenige Massen existieren. Damit werden wir vor die zweite Frage gestellt, ob nicht auch der Raum selbst endlich ist. Denn man wird sich schwer vorstellen, dass ein unendlicher leerer Raum ausserhalb des Milchstrassensystems vorhanden ist. Die neueren geometrischen Theorien haben gezeigt, dass ein endlicher Raum denkbar ist, in welchem alle geraden Linien wieder in sich zurücklaufen. In einem solchen Raum würden die geometrischen Gesetze andere sein, z. B. würde die Winkelsumme des Dreiecks nicht zwei Rechte betragen. Die bisherigen astronomischen Beobachtungen haben aber keine Anhaltspunkte ergeben, dass solche Abweichungen von den geometrischen Gesetzen wirklich bestehen, wie sie für die Annahme eines endlichen Raums erforderlich sind. Ähnlich liegt die Frage nach der Unbegrenztheit der Zeit. Wären Raum und Zeit wirklich unbegrenzt, so kann man keine Erklärung dafür finden, dass der endliche Energievorrat des Milchstrassensystems nicht vollständig ausgestrahlt und verloren gegangen ist. Denn alle Himmelskörper strahlen beständig Energie aus. Auch kann man bei der Annahme unbegrenzter Zeit die Möglichkeit solcher Prozesse nicht verstehen, die ausschliesslich in einer Richtung verlaufen. Ein solcher Prozess ist der Zerfall radioaktiver Substanzen. Hier werden chemische Elemente von hohem Atomgewicht in solche

von niedrigem Atomgewicht verwandelt unter Abgabe grosser Energiemengen in der Form von Strahlungen. Dieser Zerfall geht von selbst vor sich und lässt sich nicht durch äussere Einwirkungen beeinflussen. Radioaktive Substanzen, die vor unbeschränkt langer Zeit existiert haben, müssen daher längst zerfallen sein, und man vermag nicht einzusehen, wie die Existenz solcher Stoffe noch möglich ist.

Wir sehen hieraus, dass wir mit Annahmen der Unbeschränktheit von Raum und Zeit in erkenntnistheoretische Schwierigkeiten geraten, die auf die Grenzen unserer Erkenntnis hinweisen.

Anders verhält es sich mit dem unendlich Kleinen. Der Grenzübergang zum unendlich Kleinen führt vorläufig zu keinen erkenntnistheoretischen Schwierigkeiten. Die fest gegründete Atomlehre zeigt, dass wir in den Atomen eine neue Welt erblicken müssen, einen wirklichen Mikrokosmos, der von der aus Atomen aufgebauten Welt grundverschieden ist. Man kann daher leicht zu der Vermutung gelangen, dass die für den Makrokosmos geltenden Naturgesetze zu gelten aufhören, sobald man in den Mikrokosmos des Atoms eindringt. Aber hier tritt nun das merkwürdige und für die theoretische Physik bedeutsame ein, dass ebenso, wie alle auf der Erde geltenden Naturgesetze sich im ganzen Weltall bestätigen, diese Gesetze auch im Innern der Atome zu gelten scheinen, wenigstens soweit eine scharfe Prüfung bisher möglich gewesen ist.

Die Natur ist, wenn ihre Gesetze wirklich überall gelten, einfacher als man vermuten möchte, andererseits durch die unendliche Mannigfaltigkeit ihrer Wirkungen auch verwickelter. So haben wir wenigstens die Sicherheit, dass einmal auf gefundene Naturgesetze einen unveränderlichen Besitz der Forschung bilden, dass wir aber immer neue und vielfach gestaltete hinzufügen müssen, um den unendlichen Äusserungen der Natur gerecht zu werden.

Wir haben einige der Probleme der neueren theoretischen Physik betrachtet und sehen, dass diesen sehr verschiedenartigen Behandlungsweisen eines gemeinsam ist, die Zurückführung natürlicher Vorgänge auf möglichst einfache Gesetze, sei es, dass es sich um wirkliche Naturgesetze oder um statistische handelt. Wenn diese einmal gewonnen sind, können wir zu der Leistung gelangen, die man immer als die grösste der Naturwissenschaft angesehen hat, das Voraus sagen neuer Tatsachen. Neben der mühsamen Arbeit des experimentellen Entdeckers, der nach zahllosen vergeblich angestellten Versuchen, eine neue Wirkung physikalischer Kräfte findet, stellt die theoretische Entdeckung, als meist einfache Folgerung aus festgestellten Naturgesetzen. Es ist missig zu untersuchen, welche von beiden Arbeitsmethoden höher zu stellen ist. Wenn die theoretische Entdeckung als Leistung der menschlichen Logik besondere Befriedigung gewährt, so führt uns die experimentelle Entdeckung häufig zu ganz unerwarteten und oft um so wichtigeren Ergebnissen. Wir können beide Arbeitsmethoden nicht entbehren.

Wenn wir somit auch die mächtig gewordene theoretische Physik, die die Engländer nicht mit Unrecht "natural philosophy" nennen, als besondere Wissenschaft anerkennen müssen, so werden wir sie doch gern mit der experimentellen Forschung zu einer höheren Einheit verbinden. Von der theoretischen Physik werden wir besonders verlangen, dass sie die allgemeinen Grundlagen unserer Naturerkenntnis liefere. Aber wir dürfen nicht vergessen, dass auch sie nicht mehr leisten kann, als der menschlichen Erkenntnis letzten Endes ge stattet ist:

Dem deines Geistes höchster Feuerflug
Hat schon am Gleichnis, hat am Bild genug.

Chronik.

Es obliegt mir noch die Pflicht der wichtigeren Ereignisse zu gedenken, die sich seit dem letzten Stiftungsfeste an unserer Universität zugetragen haben.

I. Veränderungen im Lehrkörper. In der theologischen Fakultät wurde die durch das Ableben des ordentlichen Professors päpstlichen Hausprälaten Dr. Franz Adam Güpfert erledigte ordentliche Professur für Moral- und Pastoraltheologie, Homiletik und christliche Sozialwissenschaft vom 1. Oktober 1913 an dem Privatdozenten an der Universität Münster und Divisionspfarrer Dr. Ludwig Ruland unter Ernennung zum ordentlichen Professor übertragen.

Dem ordentlichen Professor Dr. Johannes Hehn wurde zu einer wissenschaftlichen Studienreise Urlaub für die Zeit vom 22. Februar bis 9. Mai 1914 bewilligt.

In der rechts- und staatswissenschaftlichen Fakultät hat der ordentliche Professor Dr. Albrecht Mendelssohn Bartholdy einen ehrenvollen Ruf an die neuerrichtete Universität Frankfurt a. M. erhalten; erfreulicherweise ist es jedoch der K. Staatsregierung gelungen ihn zur Ablehnung des Rufes zu bestimmen.

Der Privatgelehrte Dr. Rudolf Sohm aus Leipzig hat sich für Zivilprozess und deutsche Rechtsgeschichte habilitiert.

In der medizinischen Fakultät ist der ausserordentliche Professor für innere Medizin K. Hofrat Dr. Georg Matter-