

## NOBEL-VORLESUNG <sup>1)</sup>

Hochansehnliche Versammlung!

Nachdem Prof. ZEEMAN und ich die Nachricht von der uns verliehenen hohen und ehrenvollen Auszeichnung erhalten hatten, zogen wir sofort in Erwägung, in welcher Weise wir die Rollen hinsichtlich unserer Vorträge am besten verteilen könnten. Herr ZEEMAN sollte Ihnen nun zunächst die von ihm entdeckte Erscheinung beschreiben, die Erklärung derselben vortragen und eine Übersicht über seine späteren experimentellen Arbeiten geben. Meine Aufgabe aber sollte darin bestehen, etwas näher auf die heutige Elektrizitätslehre, speziell auf die sogenannte Elektronentheorie einzugehen.

Ich bedaure es mehr, als ich sagen kann, dass Prof. ZEEMAN durch Krankheit verhindert worden ist, die Reise nach Stockholm zu unternehmen, und dass Sie also jetzt nur die zweite Hälfte unseres Programms zu hören bekommen werden. Sie werden es, wie ich hoffe, entschuldigen, wenn ich unter diesen Umständen von dem Hauptthema, der schönen ZEEMAN'schen Entdeckung, nur wenig sage. Eine ganz kurze Beschreibung derselben möge indes meinen weiteren Betrachtungen vorangehen.

Wie Ihnen wohlbekannt ist, hatte schon FARADAY entdeckt, dass magnetische Kräfte einen Einfluss auf die Fortpflanzung des Lichtes haben können; er zeigte nämlich, dass unter geeigneten Umständen die Schwingungen eines polarisierten Lichtstrahls durch solche Kräfte gedreht werden. Viele Jahre später fand KERR, dass ein derartiger Lichtstrahl ähnliche Änderungen auch dann erleidet, wenn er einfach an dem spiegelnden Pole eines Magneten reflektiert wird. Dem Talente ZEEMAN's blieb es aber vorbehalten, nachzuweisen, dass ein magnetisches Feld nicht nur die Fortpflanzung und die Zurückwerfung, sondern auch die Vorgänge bei der

---

<sup>1)</sup> Gehalten am 11 Dezember 1902 vor der Schwedischen Akademie der Wissenschaften zu Stockholm. Erschienen im Verlag P. A. Norstedt, 1904.

Entstehung der Lichtstrahlen beeinflusst, d. h. dass die von einer Lichtquelle emittierten Strahlen andere Eigenschaften erhalten, wenn diese Quelle in den Raum zwischen einem magnetischen Nordpole und einem Südpole gestellt wird. Die Änderung zeigt sich bei der spektralen Zerlegung des Lichtes, und zwar wenn man mit solchen Lichtquellen arbeitet, deren Spektrum aus einzelnen hellen Linien besteht, also mit einer farbigen Flamme, einem elektrischen Funken oder einer GEISSLER'schen Röhre. Denken Sie sich, um einen bestimmten Fall vor Augen zu haben, meine Hände seien die beiden Pole, nur viel näher aneinander, als ich sie jetzt halte, und die Lichtquelle befinde sich zwischen diesen Polen, also in dem Raume unmittelbar vor mir. Wenn man dann das Spektrum des Lichtes untersucht, das nach einem mir gerade gegenüberliegenden Punkte ausgestrahlt wird, so beobachtet man statt einer einzelnen Spektrallinie, wie sie sich unter gewöhnlichen Umständen zeigt, eine dreifache Linie, oder ein Triplet, deren Komponenten freilich in sehr kleiner Entfernung von einander liegen. Da jeder Stelle im Spektrum eine bestimmte Schwingungsdauer des Lichtes entspricht, so können wir auch sagen, die Quelle sende, statt der Strahlen mit der einen Schwingungsdauer, unter dem Einflusse des magnetischen Feldes Strahlen von drei verschiedenen Schwingungsdauern aus. Besteht das Spektrum aus mehr als einer Linie, so können Sie sich denken, dass jede derselben in ein Triplet zerlegt wird. Ich muss übrigens hinzufügen, dass die Verhältnisse nicht immer so einfach liegen, und dass manche Spektrallinie in mehr als drei Komponenten zerfällt.

Bevor ich mich nun der Theorie zuwende, erlaube ich mir die Bemerkung vorzuschicken, dass, Dank sei der raschen Publikation der Untersuchungen und dem dadurch herbeigeführten lebhaften Gedankenaustausch zwischen den Forschern, mancher Fortschritt als der Erfolg vieler gemeinschaftlicher Bestrebungen betrachtet werden muss. Weil Sie das nun einmal von mir verlangen, werde ich hauptsächlich von meinen eigenen Ideen und von dem Wege, der mich zu denselben geführt hat, reden. Ich bitte Sie aber ausdrücklich, nicht aus dem Auge zu verlieren, dass viele andere Physiker, die ich natürlich in der kurzen Zeit nicht alle nennen kann, zu denselben oder ganz ähnlichen Ansichten gekommen sind.

Die Theorie, über welche ich zu berichten habe, stellt sich die

materielle Welt vor als aus drei verschiedenen Dingen, aus dreierlei Bausteinen, zusammengesetzt; es sind dies erstens die gewöhnliche greifbare oder ponderabele Materie, zweitens die Elektronen und drittens der Äther. Von der ponderabelen Materie werde ich kaum zu reden haben, um so mehr aber von dem Äther und den Elektronen. Ich hoffe, dass es für Ihre Geduld nicht zu viel sein wird.

Was nun zunächst den Äther, jenen den ganzen Weltenraum erfüllenden Träger des Lichtes betrifft, so wurde nach FARADAY'S Entdeckung, an die ich Sie eingangs erinnerte, und auch wohl unabhängig davon, mancher Versuch gemacht, denselben auch für die Elektrizitätstheorie zu verwerten. EDLUND ist sogar so weit gegangen, das elektrische Fluidum geradezu mit dem Äther zu identifizieren, indem er einem positiv geladenen Körper einen Überschuss und einem negativ geladenen ein Defizit von Äther zuschrieb. Er betrachtete dieses Medium als eine Flüssigkeit, auf die das Archimedische Prinzip sich anwenden lässt, und gelangte in dieser Weise dazu, sämtliche elektrostatische Wirkungen auf die gegenseitige Abstossung der Ätherteilchen zurückzuführen.

Auch für die elektrodynamischen Anziehungen und Abstossungen zwischen zwei von elektrischen Strömen durchflossenen Metalldrähten war in seiner Theorie Raum, und zwar fasste er diese Wirkungen in höchst bemerkenswerter Weise auf. Er erklärte sie aus dem Umstande, dass die gegenseitige Abstossung zweier Ätherteilchen eine gewisse Zeit braucht, um sich von dem einen nach dem anderen hin fortzupflanzen; war es ja für ihn ein Axiom, dass alles, was in der Natur vorgeht, eine gewisse Zeit, wie kurz sie denn auch sein möge, erfordert. Dieser Gedanke, der in unseren jetzigen Ansichten zur vollen Entwicklung gekommen ist, findet sich auch bei anderen älteren Physikern. Ich nenne nur GAUSS, von dem wir wissen, dass er denselben nur deswegen nicht weiter verfolgt hat, weil es ihm an einem klaren Bilde der Fortpflanzung mangelte. Ein solches Bild, so schrieb er an WILHELM WEBER, wäre der eigentliche Schlussstein für eine Theorie der Elektrodynamik.

Der von EDLUND eingeschlagene Weg, auf dem der Unterschied zwischen Äther und Elektrizität völlig verwischt wurde, hat nicht zu einer befriedigenden Zusammenfassung der optischen und elektrischen Erscheinungen führen können. LORENZ in Kopenhagen

ist schon näher an das Ziel gekommen. Sie wissen aber, dass die wirklichen Grundleger der jetzigen Anschauungen auf diesem Gebiete CLERK MAXWELL und HERTZ gewesen sind. Indem MAXWELL die von FARADAY vertretenen Ideen weiter entwickelte und begründete, wurde er der Schöpfer der Ihnen gewiss in grossen Zügen wohlbekanntem elektromagnetischen Theorie des Lichtes. Er lehrte uns, dass die Lichtschwingungen Zustandsänderungen von derselben Natur wie elektrische Ströme sind. Wir können auch sagen, dass in jedem Lichtstrahl elektrische Kräfte vorhanden sind, die sehr rasch, viele Billionen Male pro Sekunde, die Richtung wechseln. Wenn Sie sich auf dem Wege eines Sonnenstrahls ein kleines Körperchen vorstellen, etwa wie die bekannten Sonnenstäubchen in der Luft, nur noch bedeutend kleiner, und Sie denken sich dieses Körperchen elektrisch geladen, so müssen Sie also annehmen, es werde durch die Lichtschwingungen in eine rasche zitternde Bewegung versetzt.

Gleich nach MAXWELL nannte ich HERTZ, jenen grossen Physiker Deutschlands, der, wenn er uns nicht zu früh entrissen worden wäre, gewiss zu den allerersten gehört haben würde, an die Ihre Akademie bei der Erfüllung ihrer jährlichen Aufgabe zu denken gehabt hätte. Wer kennt nicht die glänzenden Versuche, durch welche er die von MAXWELL aus seinen Gleichungen gezogenen Schlüsse bestätigte? Wer diese einmal gesehen und sie zu verstehen und bewundern gelernt hat, der kann nicht mehr daran zweifeln, dass die in denselben zur Beobachtung kommenden elektromagnetischen Wellenzüge sich nur durch die grössere Wellenlänge von Lichtstrahlen unterscheiden.

Das Ergebnis dieser und anderer Untersuchungen über die in dem Äther sich fortpflanzenden Wellen gipfelt in der Erkenntnis, dass es in der Natur eine ganze lange Reihe von elektromagnetischen Strahlungen gibt, die, wie verschieden auch die Wellenlängen sein mögen, im Grunde doch alle von derselben Natur sind. Gehen wir von HERTZ' „Strahlen elektrischer Kraft“ aus, so gelangen wir zunächst zu den kürzesten mit elektromagnetischen Apparaten hervorgebrachten Wellen und dann, nachdem wir eine Lücke übersprungen haben, zu den dunklen Wärmestrahlen. Wir durchwandern das Spektrum bis weit ins Ultraviolett hinein, stossen dort abermals auf eine Lücke und dürfen wohl die RÖNTGEN-Strahlen, als äusserst kurze, stossartige elektromagnetische Er-

schütterungen des Äthers, an das Ende der Reihe setzen. An den Anfang derselben, noch vor die HERTZ'schen Wellen, gehören die in der drahtlosen Telegraphie verwendeten Wellen, deren Fortpflanzung im letzten Sommer von England's südwestlicher Spitze bis in den Finnischen Meeresbusen konstatiert worden ist.

Obgleich wohl hauptsächlich die Versuche von HERTZ die Grundidee der MAXWELL'schen Theorie zum Gemeingut aller Naturforscher gemacht haben, so konnte man sich doch auch schon früher mit gutem Mute an die Aufgabe machen, diese Theorie auf spezielle Probleme der Optik anzuwenden. Wir wollen mit der einfachen Erscheinung der Brechung des Lichtes den Anfang machen. Dass diese mit der ungleichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Strahlen in den verschiedenen Körpern zusammenhängt, weiss man schon seit HUYGENS. Woher rührt es nun aber, dass die Geschwindigkeit des Lichtes in festen, flüssigen und gasförmigen Körpern von der Geschwindigkeit im Äther des leeren Raumes abweicht, so dass sie in jedem dieser ponderablen Körper ihren eigenen Wert hat, und wie ist es zu verstehen, dass dieser Wert, und also auch der Brechungsexponent, von einer Farbe zur anderen variiert?

Bei der Behandlung dieser Fragen zeigte es sich wieder, wie in vielen anderen Fällen, dass von einer Theorie, die man hat aufgeben müssen, doch mitunter noch viel beibehalten werden kann. In der älteren Undulationstheorie, die den Äther als ein elastisches Medium betrachtete, war schon von kleinen in den ponderablen Körpern enthaltenen Teilchen die Rede, die durch die Lichtschwingungen in Bewegung gesetzt werden sollten. In dieser Mitteilung von Bewegung suchte man die Erklärung der erwärmenden und chemischen Wirkung des Lichtes, und man hatte eine Theorie der Farbenzerstreuung darauf gegründet, dass man sich auch in durchsichtigen Körpern, wie Glas und Wasser, Teilchen vorstellte, die unter dem Einflusse eines Lichtstrahls ins Mitschwingen geräten. Ein Nachfolger von MAXWELL hatte nun weiter nichts zu tun, als diese Annahme mitschwingender Teilchen gleichsam in die Sprache der elektromagnetischen Lichttheorie zu übersetzen.

Welcher Art müssen nun aber diese Teilchen sein, damit sie durch die hin- und herschwankenden *elektrischen* Kräfte des Lichtstrahls bewegt werden können? Die einfachste und nächst-

liegende Antwort lautete: sie müssen elektrische Ladungen haben. Dann wird es denselben ja ergehen wie dem winzigen geladenen Sonnenstäubchen, von dem soeben die Rede war; nur dass Sie sich die Körperchen in dem Glase und im Wasser nicht als frei schwebend vorstellen müssen, sondern als an bestimmte Gleichgewichtslagen gebunden, um die sie hin- und herschwingen können.

Übrigens war diese Idee kleiner geladener Teilchen keineswegs neu; schon damals, vor 25 Jahren, machte man sich die Erscheinungen der Elektrolyse dadurch erklärlich, dass man den Metallatomen in einer Salzlösung positive und den anderen Bestandteilen der Salzmoleküle negative Ladungen zuschrieb. Es war bereits der Grund gelegt zu der heutigen Elektrochemie, die zu rascher Entwicklung kommen sollte, sobald Prof. ARRHENIUS den kühnen Gedanken der bei zunehmender Verdünnung immer weiter fortschreitenden Dissociation der Elektrolyte ausgesprochen hatte.

Wir wollen zu der Fortpflanzung des Lichtes in den ponderablen Körpern zurückkehren. Elektrisch geladen, so schlossen wir, müssen die mitschwingenden Teilchen sein; wir können sie daher füglich mit dem später von JOHNSTONE STONEY eingeführten Namen „Elektronen“ bezeichnen. In welcher Weise nun gerade das Mitschwingen stattfindet, und welche Rückwirkung es auf die Vorgänge im Äther hat, das konnte mit Hilfe der bekannten elektromagnetischen Gesetze untersucht werden. Das Resultat bestand in Formeln für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit und den Brechungsexponenten, in ihrer Abhängigkeit, einerseits von der Schwingungsdauer, d. h. von der Farbe des Lichtes, andererseits von der Natur und der Zahl der Elektronen.

Sie entschuldigen es, wenn ich die ziemlich verwickelten Gleichungen nicht anführe und nur einiges über die Bedeutung derselben mitteile. Erstens, was die Abhängigkeit des Brechungsexponenten von der Schwingungsdauer, also die Farbenzerstreuung betrifft. In dem prismatischen Spektrum und dem Regenbogen erblicken wir jetzt den Beweis dafür, dass den Elektronen in dem Glase und dem Wasser eine gewisse Masse zukommt, infolgedessen sie den Schwingungen des Lichtes von verschiedener Farbe nicht mit gleicher Bereitwilligkeit folgen.

Richtet man zweitens seine Aufmerksamkeit auf den Einfluss der grösseren oder geringeren Zahl der in einem bestimmten Raum befindlichen Teilchen, dann gelangt man zu einer Gleichung, die

uns in den Stand setzt, annäherungsweise die Änderung des Brechungsexponenten bei zunehmender oder abnehmender Dichte des Körpers anzugeben, also z. B. den Brechungsexponenten des Wasserdampfes aus dem des flüssigen Wassers zu berechnen, einer Gleichung, die in leidlicher Übereinstimmung mit den Beobachtungsergebnissen steht.

Als ich diese Formel ableitete, war es mir noch unbekannt geblieben, dass LORENZ in Kopenhagen, freilich indem er von anderen Gesichtspunkten, unabhängig von der elektromagnetischen Lichttheorie, ausging, schon früher zu genau demselben Resultat gekommen war. Man hat denn auch die Gleichung oft als die Formel von LORENZ und LORENTZ citiert.

Zu dieser Formel gesellt sich eine andere, die es ermöglicht, den Brechungsexponenten einer chemischen Verbindung aus der Zusammensetzung derselben abzuleiten, allerdings nur in roher Annäherung, wie das auch schon vorher mit Hilfe gewisser empirischer Formeln möglich war.

Dass eine derartige Beziehung zwischen der Lichtbrechung und der chemischen Zusammensetzung überhaupt besteht, das hat in der elektromagnetischen Lichttheorie grosse Bedeutung. Es zeigt uns, dass das Brechungsvermögen nicht zu denjenigen Eigenschaften der Materie gehört, die durch den Akt der chemischen Verbindung völlig umgeändert werden. Es kommt, wenn es sich um die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in einem zusammengesetzten Körper handelt, in erster Linie gar nicht auf die gegenseitige Lage und die Bindungsweise der Atome, sondern nur auf die Anzahl der Atome Kohlenstoff, Wasserstoff u.s.w. an; jedes hat seinen Anteil an der Lichtbrechung, ganz unbekümmert um das Verhalten der übrigen. Angesichts dieses Resultates können wir uns schwerlich vorstellen, dass die Kräfte, welche ein Elektron an seine Gleichgewichtslage binden und von deren Intensität die Geschwindigkeit des Lichtes abhängt, von einer gewissen Anzahl benachbarter Atome ausgehen. Wir schliessen vielmehr: das Elektron, zusammen mit dem, woran es gebunden ist, findet Raum in einem einzigen Atom; folglich sind die Elektronen kleiner als die Atome.

Gestatten Sie mir jetzt, Ihre Aufmerksamkeit auf den Äther hinzulenken. Nachdem man gelernt hatte, diesen als den Vermittler, nicht nur der optischen, sondern auch der elektromagnetischen

schen Erscheinungen zu betrachten, erhob sich dringender als je die Frage nach seiner Natur. Haben wir uns den Äther als ein elastisches Medium von sehr geringer Dichte vorzustellen, aus Atomen zusammengesetzt, die im Vergleich zu den gewöhnlichen sehr klein sind? Ist er vielleicht eine inkompressible, reibungslose Flüssigkeit, die sich nach den Gleichungen der Hydrodynamik bewegt, und in der also mannigfache Wirbelbewegungen stattfinden können? Oder haben wir gar an eine Art Gallerte, halb flüssig, halb fest, zu denken?

Man würde offenbar der Beantwortung dieser Fragen näher kommen, wenn es möglich wäre, mit dem Äther in ähnlicher Weise wie mit einem flüssigen oder gasförmigen Körper zu experimentieren. Gelänge es, eine gewisse Quantität dieses Mediums in ein Gefäß einzusperrn und dieselbe durch Hineindrückung eines Kolbens zu komprimieren, oder auch in ein anderes Gefäß überströmen zu lassen, so wäre schon viel gewonnen. Es käme also darauf an, den Äther mittels eines in Bewegung gebrachten Körpers fortzuschieben. Leider sind alle in dieser Richtung unternommenen Versuche fehlgeschlagen; der Äther entwischt uns immer unter den Händen. Denken Sie nur an ein gewöhnliches Barometer, welches wir so weit neigen, dass das Quecksilber bis an den Gipfel steigt und die Röhre vollständig füllt. Der Äther, der sich anfangs über dem Quecksilber befand, muss irgendwo geblieben sein; er muss entweder durch das Glas gegangen oder in das Metall eingedrungen sein, und zwar ohne dass eine für uns messbare Kraft auf ihn gewirkt hat. Erfahrungen dieser Art zeigen, dass Körper von den gewöhnlich vorkommenden Dimensionen, soweit wir das wissen können, vollkommen permeabel für den Äther sind. Gilt das nun gleichfalls für viel grössere Körper, oder dürfen wir hoffen, etwa mit sehr dicken, sehr rasch bewegten Kolben den Äther vorwärts treiben zu können? Zum Glück macht die Natur das Experiment in grossartigem Masstabe. Durcheilt ja die Erde in ihrer jährlichen Bewegung um die Sonne den Raum mit einer Geschwindigkeit, welche die eines Schnellzugs um mehr als das Tausendfache übertrifft. Wenn je, so können wir erwarten, dass es unter diesen Umständen mit der Unbeweglichkeit des Äthers ein Ende haben wird, dass die Erde ihn vor sich her treibt, und dass der Äther, sei es an der Oberfläche entlang oder in einer gewissen Entfernung von derselben, nach der Rückseite des Planeten



strömt, um daselbst den Raum, den die Erde gerade verlassen hat, einzunehmen. Die astronomische Ortsbestimmung der Himmelskörper liefert ein scharfes Prüfungsmittel, um zu entscheiden, ob es sich wirklich so zuträgt; Bewegungen des Äthers würden ja den Lauf der Lichtstrahlen in bestimmter Weise beeinflussen.

Auch jetzt bekommen wir wieder auf unsere Frage, ob der Äther sich bewege, eine verneinende Antwort. Zwar weicht, infolge der Erdbewegung, die Richtung, in der wir einen Stern beobachten, von der wahren Richtung ab — es ist das die sogenannte Aberration des Lichtes —; man gelangt aber zu der weitaus einfachsten Erklärung dieser Erscheinung, wenn man annimmt, sogar die ganze Erde sei vollkommen permeabel für den Äther und könne sich durch denselben hindurch fortbewegen, ohne ihn auch nur im geringsten mitzuführen, eine Hypothese, die zuerst von FRESNEL ausgesprochen wurde und die gegenwärtig kaum Widerspruch finden dürfte.

Wenn wir uns von der Bedeutung dieses Resultates Rechenschaft geben wollen, haben wir noch eins zu bedenken. Dank sei den Untersuchungen von VAN DER WAALS und anderen Physikern, wissen wir ziemlich genau, ein wie grosser Teil des von einem Körper eingenommenen Raumes wirklich von den Molekülen desselben erfüllt ist. Bei einigermassen dichten Körpern ist dieser Bruchteil so hoch, dass wir uns schwerlich die Erde als von so lockerem molekularem Gefüge vorstellen können, dass der Äther so gut wie vollkommen frei in den Räumen zwischen den Molekülen strömen kann. Vielmehr werden wir zu der Ansicht gezwungen, jedes einzelne Molekül sei permeabel. Das einfachste ist dann weiter, dasselbe von jedem Atom vorauszusetzen, und dies führt uns auf den Gedanken, ein Atom sei am Ende irgend eine lokale Modifikation des allgegenwärtigen Äthers, eine Modifikation, die sich von Ort zu Ort verschieben kann, ohne dass das Medium selbst von der Stelle rückt. Auf diesem Standpunkt angelangt, betrachten wir denn auch den Äther als etwas von ganz eigentümlicher Natur, das von aller ponderablen Materie durchaus verschieden ist. Was seine innere Konstitution anbelangt, so ist es uns bei dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse sehr schwierig, uns eine angemessene Vorstellung über dieselbe zu bilden.

Dass es übrigens, ganz abgesehen von dieser Konstitution,

immer wichtig bleiben wird, die Vermittlung der scheinbaren Fernwirkungen durch den Äther dem Verständnis dadurch näher zu bringen, dass man zeigt, wie z. B. eine Flüssigkeit ähnliches leisten kann, brauche ich kaum zu betonen. Ich denke hier speziell an die Untersuchungen von Prof. BJERKNES in Christiania über hydrodynamische Fernkräfte und an die Nachahmung der elektrischen Erscheinungen mit seinen pulsierenden Kugeln.

Ich komme jetzt zu einer wichtigen Frage, die mit der Unbeweglichkeit des Äthers aufs engste zusammenhängt. Es ist Ihnen bekannt, wie bei der Bestimmung der Geschwindigkeit des Schalles in freier Luft der Einfluss des Windes sich fühlbar macht. Weht dieser auf den Beobachter zu, so wird die gesuchte Grösse um die Geschwindigkeit des Windes vergrössert, während bei entgegengesetzter Windrichtung eine Verminderung von dem gleichen Betrage eintritt. Wenn nun ein bewegter durchsichtiger Körper, etwa fließendes Wasser, den in demselben enthaltenen Äther vollständig mit sich fortführt, dann müsste sich bei optischen Erscheinungen etwas ähnliches ergeben wie bei jenen akustischen Versuchen. Betrachten Sie z. B. den Fall, dass Wasser durch eine Röhre strömt und dass *in* diesem Wasser ein Lichtstrahl sich in der Richtung der Bewegung fortpflanzt. Wenn alles, was an den Lichtschwingungen teilnimmt, die strömende Bewegung mitmacht, dann wird die Ausbreitung des Lichtes in dem fließenden Wasser, relativ zu diesem betrachtet, offenbar in genau derselben Weise vor sich gehen, wie in ruhendem Wasser. Die Geschwindigkeit der Fortpflanzung, relativ zur Röhrenwand, wird sich dann ergeben, wenn man die Ausbreitungsgeschwindigkeit *in* dem Wasser mit der Geschwindigkeit dieses letzteren zusammensetzt, ähnlich wie eine in der Richtung der Fahrt über das Verdeck eines Schiffes rollende Kugel für einen am Ufer stehenden Beobachter die Summe zweier Geschwindigkeiten hat, der Geschwindigkeit des Schiffes und der Geschwindigkeit, mit der sie über dieses hinrollt. Bei der gemachten Voraussetzung führt das Wasser die Lichtwellen mit, mit der vollen Geschwindigkeit, die es selbst hat.

Zu einem ganz anderen Schlusse kommen wir, wenn wir annehmen, wie wir das jetzt tun müssen, dass der in dem strömenden Wasser enthaltene Äther selbst in Ruhe bleibt. Da das Licht sich zum Teil auch in diesem Äther fortpflanzt, so sieht man leicht ein,

dass die Fortpflanzung der Strahlen, nach rechts z. B., langsamer stattfinden muss, als wenn auch der Äther nach rechts ginge. Die Wellen werden zwar noch vom Wasser mitgeführt, jedoch nur mit einem gewissen Bruchteile der Strömungsgeschwindigkeit. FRESNEL hat bereits angegeben, wie hoch dieser Bruchteil ist; derselbe hängt von dem Brechungsexponenten des Körpers ab und beträgt z. B. für Wasser 0,44. Nimmt man diese Zahl an, so ist man im Stande, verschiedene mit der Aberration zusammenhängende Erscheinungen zu erklären. Überdies hat FRESNEL sie aus einer theoretischen Betrachtung abgeleitet, die wir indes, so sinnreich sie auch sein mochte, jetzt nicht mehr gelten lassen können.

Im Jahre 1851 hat FIZEAU die Frage durch seinen berühmten Versuch entschieden, in dem er die Fortpflanzung in Wasser, das in der Richtung des Lichtstrahls fliesst, mit der in Wasser, das in entgegengesetzter Richtung strömt, verglich. Das Ergebnis dieser Versuche, die später mit dem gleichen Erfolge von MICHELSON und MORLEY wiederholt worden sind, war in vollkommener Übereinstimmung mit dem von FRESNEL für den Mitführungskoeffizienten angenommenen Wert.

Es entstand nun die Frage, ob es möglich sei, diesen Wert aus der neuen Lichttheorie abzuleiten. Zu diesem Zwecke musste vor allem eine Theorie der elektromagnetischen Erscheinungen in bewegten Körpern entwickelt werden, und zwar in der Voraussetzung, dass der Äther nicht an der Bewegung teilnimmt. Um einen Ausgangspunkt für eine solche Theorie zu gewinnen, habe ich wieder zu den Elektronen meine Zuflucht genommen. Ich habe mir gedacht, diese seien für den Äther durchdringlich, und jedes sei das Centrum eines elektrischen und, wenn es sich bewegt, auch eines magnetischen Feldes. Für die Zustände im Äther habe ich die seit den Arbeiten von HERTZ und HEAVISIDE allgemein angenommenen Gleichungen eingeführt, und schliesslich fügte ich noch gewisse Annahmen über die auf ein Elektron wirkende Kraft hinzu. Damit verhält es sich so: diese Kraft geht immer von dem Äther in der nächsten Nähe des Elektrons aus und wird also *unmittelbar* durch den Zustand dieses Äthers, *mittelbar* aber durch Ladung und Geschwindigkeit der übrigen Elektronen, die diesen Zustand hervorgerufen haben, bedingt. Ausserdem hängt die Kraft von der Ladung und der Geschwindigkeit des die Wirkung erleidenden Teilchens ab; diese Grössen bestimmen gleichsam die Empfäng-

lichkeit des Elektrons für die vom Äther ausgehende Wirkung. Indem ich nun bei der Ausführung dieser Ideen Methoden anwandte, die von MAXWELL herrühren, und mich zum Teil auch an HERTZ anschloss, kam ich wirklich zu dem von FRESNEL angenommenen Mitführungskoeffizienten, und konnte ich die meisten optischen Erscheinungen bei bewegten Körpern in ziemlich einfacher Weise erklären.

Zu gleicher Zeit war nun der Anfang gemacht zu einer allgemeinen Theorie, die alle in den ponderablen Körpern sich abspielenden elektromagnetischen Vorgänge auf die Elektronen zurückführt. In derselben wird eine elektrische Ladung als ein Überschuss von positiven oder negativen Elektronen aufgefasst, ein Strom in einem Metalldrahte aber als ein wirkliches Fortschreiten dieser Teilchen, welchen man in den Leitern eine gewisse Beweglichkeit zuschreibt, während sie in den Nichtleitern an bestimmte Gleichgewichtslagen gebunden sind, um welche sie, wie bereits gesagt, hin- und herschwingen können. Die Theorie bildet in gewissem Sinne eine Rückkehr zu den älteren Anschauungen, in welchen man mit zwei elektrischen Stoffen operierte, nur dass wir es jetzt immer, den Ideen von MAXWELL entsprechend, mit Wirkungen zu tun haben, die durch den Äther vermittelt werden und mit der Geschwindigkeit des Lichtes von Punkt zu Punkt fortschreiten. Da die Art und Weise dieser Übertragung ins einzelne verfolgt werden kann, so ist auch der von GAUSS an eine Theorie der Elektrodynamik gestellten Forderung genügt. Ich darf hier bei diesem Gegenstande nicht länger verweilen, möchte indes nicht unerwähnt lassen, dass WIECHERT in Göttingen und LARMOR in Cambridge zu ganz ähnlichen Resultaten gekommen sind, und dass auch Prof. POINCARÉ viel zu der Entwicklung und der Beurteilung der Theorie beigetragen hat.

Auch manche in den letzteren Jahren untersuchte Erscheinung, bei welcher der Elektronenbegriff sich als ein nützlicher Führer erwiesen hat, muss ich übergehen, da ich mich nicht zu weit von der Theorie des ZEEMAN'schen Phänomens entfernen möchte.

Als Prof. ZEEMAN seine Entdeckung gemacht hatte, war die Elektronentheorie in den Hauptzügen fertig und im stande, die neue Erscheinung zu deuten. Wer einmal die ganze Welt mit Elektronen bevölkert hat und diese mit dem Lichte mitschwingen lässt, der wird auch nicht Anstand nehmen, sich vorzustellen,

dass es eben Elektronen sind, die in den Teilchen eines leuchtenden Körpers hin- und hergehen und die Ausstrahlung des Lichtes veranlassen. Ein oscillierendes Elektron bildet gleichsam einen äusserst kleinen HERTZ'schen Vibrator; es macht mit dem umgebenden Äther etwas ähnliches, wie wenn wir das Ende eines gestreckten Seiles in der Hand halten und, indem wir es hin- und herbewegen, die bekannten Seilwellen hervorrufen. Was aber die Kraft betrifft, von der die Änderung der Schwingungen im magnetischen Felde herrührt, so ist diese im Grunde die Kraft, deren Äusserung zum ersten Mal von OERSTED beobachtet wurde, als er die Wirkung eines Stromes auf eine Magnethadel entdeckte.

Die Erklärung des Triplets möchte ich Prof. ZEEMAN überlassen. Ich beschränke mich auf die Bemerkung, dass es die negativen Elektronen sind, die hin- und herschwingen, und dass man aus der Entfernung der Komponenten, in welche die Spektrallinie zerlegt wird, das Verhältnis zwischen den numerischen Werten der Ladung und der Masse dieser Teilchen ableiten kann. Die Resultate sind in erfreulicher Übereinstimmung mit dem, was man auf anderem Gebiete gefunden hat. Gleiche oder ähnliche Werte des soeben genannten Verhältnisses haben sich für die negativen Teilchen, mit welchen man es bei den Kathodenstrahlen zu tun hat, ergeben.

Merkwürdig ist die ungeheure Grösse der Ladung dieser Teilchen im Vergleich zu der Masse derselben. Ein Zahlenbeispiel möge Ihnen eine Vorstellung davon geben. Gesetzt, wir hätten zwei eiserne Kugeln, jede von einem Meter Radius, in einer Entfernung von 10 Meter von einander aufgestellt, und wir gäben jeder derselben einen Überschuss unserer negativen Elektronen von solcher Grösse, dass die Masse dieses Überschusses der millionste Teil eines Milligrammes wäre, so würden sich die Kugeln mit einer Kraft, die dem Gewichte von mehr als 80.000 Kilogramm gleich kommt, abstossen und könnten infolgedessen eine Geschwindigkeit von vielen Metern pro Sekunde erreichen. Ich brauche kaum zu sagen, dass wir weit davon entfernt sind, ein Experiment in diesem Maszstabe machen zu können; wir sind nicht im Stande, eine so grosse Menge von Elektronen einer bestimmten Art auf einen Körper zusammenzubringen. Wäre uns das möglich, so könnten wir manchen interessanten Versuch machen, den wir uns jetzt nur vorstellen können. Wir würden dann

z. B. das ZEEMAN'sche Phänomen an einem einfachen Fadenpendel demonstrieren. Ein solches kann man leicht kreisförmige Schwingungen machen lassen, und gibt man nun der Kugel eine elektrische Ladung, so wird durch die vertikale Komponente der erdmagnetischen Kraft die Umlaufszeit etwas geändert, und zwar vergrößert für die eine und verkleinert für die andere Bewegungsrichtung. Bei den Ladungen, die uns tatsächlich zu Gebote stehen, ist indes die Differenz völlig unmerklich, und sogar Prof. ZEEMAN würde den ZEEMAN-Effekt beim Pendel nicht beobachten können.

Wenden wir uns jetzt von der relativen Grösse der Ladung und der Masse zu den absoluten Werten. Für diese kann man wenigstens eine Schätzung angeben. Wenn man nämlich die Resultate, zu welchen ZEEMAN's Versuche führen, mit dem verbindet, was man aus der Farbenzerstreuung der Gase ableiten kann, in der Voraussetzung, dass man es in beiden Fällen mit derselben Art von Elektronen zu tun hat, dann kommt man zu dem Schluss, dass die Ladung eines Elektrons von derselben Grössenordnung wie die eines elektrolytischen Ions ist; die Masse aber ist viel kleiner, ungefähr der 800ste Teil von der eines Wasserstoffatoms. Das Resultat hat J. J. THOMSON in Cambridge auf ganz anderem Wege bestätigt. Auf den genauen Wert kommt es uns vorläufig wenig an; die Hauptsache ist, dass in Übereinstimmung mit einer schon gemachten Bemerkung das Elektron im Vergleich zum Atom sehr klein ist. Letzteres ist ein zusammengesetztes Gebilde, das viele Elektronen, teils bewegliche, teils festliegende, enthalten kann; vielleicht trägt es elektrische Ladungen, die nicht in einzelnen Punkten konzentriert, sondern in anderer Weise verteilt sind.

Von den sonstigen magneto-optischen Erscheinungen will ich nur eine einzige etwas ausführlicher besprechen. Bald nachdem ZEEMAN seine Entdeckung publiziert hatte, fanden die russischen Physiker EGOROFF und GEORGIEWSKY, dass eine zwischen den Polen eines Elektromagneten stehende Natriumflamme teilweise polarisiertes Licht ausstrahlt, d. h. dass in ihren Strahlen Schwingungen von einer bestimmten Richtung mit grösserer Intensität vorhanden sind als Schwingungen von einer dazu senkrechten Richtung. Um Ihnen das Phänomen genauer zu beschreiben und zu gleicher Zeit klar zu machen, in welcher Weise es zu erklären ist, bitte ich Sie, sich wieder vorzustellen, dass meine Hände die entgegengesetzten magnetischen Pole seien und dass die Natrium-

flamme dazwischen stehe. Befänden Sie sich nun mir gerade gegenüber, so würden Sie beobachten, dass die vertikalen elektrischen Schwingungen eine grössere Intensität als die horizontalen haben.

Es hängt dies mit dem Umstande zusammen, dass die Flamme eine gewisse Dicke hat und dass die von der hinteren Hälfte ausgesandten Strahlen zum Teil wieder verschluckt werden, indem sie die vordere Hälfte durchsetzen. Diese Absorption findet nach einer bekannten Regel am stärksten statt, wenn alle leuchtenden Teilchen in der Flamme in derselben Periode vibrieren. Sie wird abnehmen, und die Flamme muss demzufolge heller werden, sobald diese Gleichheit aller Schwingungsdauern in irgend einer Weise gestört wird. Das tut nun eben das magnetische Feld, indem es statt *einer* gemeinschaftlichen Schwingungsdauer deren mehrere ins Spiel kommen lässt. Jedoch beschränkt sich die dadurch herbeigeführte Vermehrung der Leuchtkraft auf die vertikalen Schwingungen in der Flamme, die wir uns hier vorstellten. Die horizontalen Schwingungen der Elektronen, in der Richtung von rechts nach links und umgekehrt, werden, wie aus den Prinzipien der Theorie folgt, gar nicht von der magnetischen Kraft beeinflusst.

Der Schluss ist also, dass von den ausgesandten Schwingungen bloss die vertikalen und nicht die horizontalen verstärkt werden, woraus sich sofort die beobachtete Erscheinung ergibt.

Ich erlaube mir hinzuzufügen, dass diese Erscheinung zu denjenigen magneto-optischen Wirkungen gehört, die man am leichtesten beobachten kann. Auch lässt sich die gegebene Erklärung dadurch auf die Probe stellen, dass man mit zwei Flammen statt mit einer arbeitet und die Absorption untersucht, welche das Licht der hinteren in der vorderen, die man zwischen die Magnetpole gestellt hat, erleidet.

Jetzt, wo ich auf die Absorption gekommen bin, habe ich auch der schönen und wichtigen theoretischen Betrachtungen zu gedenken, zu welchen ZEEMAN's Entdeckung Prof. VOIGT in Göttingen veranlasst hat. Seine Theorie unterscheidet sich von der meinigen dadurch, dass er statt der Emission des Lichtes immer die Absorption ins Auge fasst. Er erklärt also den sogenannten *inversen* ZEEMAN-Effekt, die Erscheinung nämlich dass, wenn man starkes weisses Licht durch die zwischen den Polen stehende Flamme hin-

durchschickt, statt des einen Absorptionsstreifens ein Triplet von dunklen Linien entsteht. Auf Grund des Parallelismus zwischen der Absorption und der Ausstrahlung kann man dann von diesem inversen Phänomen wieder auf den direkten schliessen.

VOIGT geht nicht auf die schwingenden Elektronen zurück; er begnügt sich damit, den Gleichungen, welche die Fortpflanzung in einem absorbierenden Mittel darstellen, passend gewählte neue Glieder einzufügen. Diese Methode lässt den Zusammenhang zwischen dem ZEEMAN'schen Phänomen und der von FARADAY entdeckten Drehung der Schwingungsrichtung hervortreten und bietet auch sonst Vorteile, namentlich wenn es sich um Dämpfe von grösserer Dichte mit entsprechend verbreiterten Spektrallinien handelt. Von den Leistungen der VOIGT'schen Theorie wird ZEEMAN Ihnen ein Beispiel geben können.

Wer sich die Aufgabe stellt, aus den Beobachtungen Schlüsse über die Natur der Elektronenschwingungen zu gewinnen, der wird es jedoch, wie ich glaube, vorziehen, direkt die Emission sehr verdünnter Gase zum Gegenstand der Betrachtung zu wählen; hier spiegelt sich die Ausstrahlung der einzelnen Moleküle oder Atome, nicht getrübt durch die gegenseitigen Wirkungen, in dem Spektrum mit den scharfen Linien ab. Diesen Weg habe ich in meinen weiteren Untersuchungen eingeschlagen, bin aber dabei auf erhebliche Schwierigkeiten gestossen, die daher rühren, dass zwar das einfache Triplet häufig vorkommt, in vielen Fällen jedoch eine Zerlegung in mehr als drei Linien auftritt. Mit dieser hat die Theorie einen schweren Stand. Allerdings lassen sich noch leicht einige allgemeine Sätze über den Polarisationszustand der verschiedenen Komponenten entsprechenden Lichtstrahlen, d. h. über Form und Richtung ihrer Schwingungen, ableiten, aber weiter bin ich leider kaum gekommen.

So lange man es nur mit einer Zerlegung in drei Komponenten zu tun hat, genügt es für die Erklärung, in jedem leuchtenden Atom ein einziges Elektron anzunehmen, das nach allen Richtungen in derselben Weise um seine Gleichgewichtslage hin- und herschwingen kann. Diese einfache Theorie lässt uns jedoch im Stich, sobald die Spektrallinie sich im magnetischen Felde in mehr als drei Komponenten zerspaltet. Es liegt dann nahe, sich Atome von verwickelterem Baue vorzustellen, die mit elektrischen Ladungen ausgestattet sind, und deren Teile, etwa wie die eines elastischen



tongebenden Körpers, kleine Schwingungen machen können. Als ich nun die Theorie derartiger Bewegungen untersuchte, was ohne viel Mühe geschehen kann, ergab sich, dass ein beliebiges System im allgemeinen gar keinen ZEEMAN-Effekt zeigen wird.

Um das einzusehen und um auch die Bedingung für das Zustandekommen eines solchen Effektes zu finden, braucht es übrigens gar keiner mathematischen Theorie. Denken Sie sich eine Lichtquelle, die unter dem Einflusse eines magnetischen Feldes ein ZEEMAN'sches Triplet zeigt. Die drei Linien können natürlich unmöglich zum Vorschein kommen, wenn nicht in den Teilchen der Quelle drei Arten von Schwingungen mit etwas verschiedenen Perioden vorhanden sind; verschieden aber können diese letzteren nur sein, wenn die Bewegungsrichtungen oder die Gestalten der Bahnen in den drei Fällen nicht die gleichen sind. Wir wollen kurz sagen, man habe es in der Lichtquelle mit drei verschiedenen *Schwingungsformen*, jede mit ihrer eigenen Frequenz, zu tun.

Wir wollen jetzt die Intensität des magnetischen Feldes allmählich verringern und es am Ende ganz verschwinden lassen. So lange noch ein schwaches Feld vorhanden ist, bestehen auch die drei Linien, nur dass sie näher aneinander gerückt sind; die drei Schwingungsformen liegen also stets vor, ihre Frequenzen nähern sich aber einem gemeinschaftlichen Grenzwerte, der Schwingungszahl der unzerlegten Spektrallinie. In dieser Weise kommen wir dazu, uns vorzustellen, dass auch dann, wenn wir diese letztere beobachten, die drei Bewegungsformen noch immer existieren, ohne sich indes, wie das im magnetischen Felde der Fall ist, durch die Schwingungsdauern von einander zu unterscheiden. Man kann das auch so ausdrücken: die Spektrallinie ist schon dreifach, bevor die magnetische Kraft in Wirkung tritt, und diese hat weiter nichts zu tun, als die drei ursprünglich zusammenfallenden Linien gleichsam auseinander zu schieben.

Ähnliches gilt von einer vier-, fünf- oder sechsfachen Linie, und Sie können versichert sein, dass eine Spektrallinie nie in sechs Komponenten zerfallen wird, wenn jedes leuchtende Teilchen nicht schon vor der Erregung des magnetischen Feldes in sechs verschiedenen Weisen, und zwar dann mit genau derselben Frequenz, schwingen kann.

Hierin liegt eine notwendige Bedingung, die zu erfüllen nicht so ganz leicht ist. Ich könnte noch eine zweite Bedingung für die

Entstehung von scharfen Komponenten der Spektrallinien hinzufügen, doch dürfte das Angeführte genügen, um zu zeigen, dass wir bei der weiteren Entwicklung der Theorie unserer Phantasie gar nicht den freien Zügel lassen dürfen. Wir sind vielmehr in der Wahl der Hypothesen ziemlich eingeschränkt. Elastische Kugelschalen mit gleichförmig verteilter elektrischer Ladung, deren Oberfläche durch Knotenlinien in eine grössere oder kleinere Zahl von in abwechselnder Richtung schwingenden Feldern geteilt wird, sind geeignete Beispiele für das Bild, das man sich etwa von den vibrierenden Atomen machen könnte. Ich will jedoch bei den Erscheinungen, welche sich bei derartigen Gebilden zeigen würden, nicht verweilen, denn ich fürchte, dass ich mich auf diesem Wege am Ende gar zu weit von der Wirklichkeit entfernen würde.

Ich habe Ihnen in grossen Zügen zu schildern versucht, wie viel oder, besser gesagt, wie wenig, die Elektronentheorie in der Erklärung der neuen magneto-optischen Erscheinungen geleistet hat. Dürfte ich nun auch über die experimentellen Arbeiten berichten, so würde es sich zeigen, dass das Experiment viel weiter fortgeschritten ist. Haben ja die Beobachter bereits den Anfang gemacht, die verschiedenen Spektrallinien eines chemischen Elementes, was deren magnetische Zerlegung betrifft, mit einander zu vergleichen und den Zusammenhang zwischen dieser Zerlegung und den in den Spektren bestehenden Gesetzmässigkeiten zu erforschen.

In diesem Lande, wo der Vater meines verehrten Kollegen ÅNGSTRÖM und Prof. THALÉN gearbeitet haben, und wo Prof. HASSELBERG seine Beobachtungen und Messungen mit unermüdetlichem Fleisse fortsetzt, brauche ich wohl kaum zu sagen, eine wie schöne und wie reiche Welt die Untersuchungen über die Spektra uns allmählich erschlossen haben. Eine Welt, deren Gesetze wir zu verstehen anfangen. Es hat sich gezeigt, dass viele Linienspektren nach einem ganz bestimmten Typus gebaut sind; die Linien lassen sich in gewisse Serien ordnen, derart dass jede Serie aus Linien besteht, die nach einem ziemlich einfachen Gesetze über das Spektrum verteilt sind, wobei es auch an Beziehungen zwischen der einen Serie und der anderen nicht fehlt. Diese Verhältnisse, um deren Klarlegung sich vor allem Prof. RYDBERG und die deutschen Physiker KAYSER und RUNGE verdient gemacht haben, legen es nahe, nach einem Zusammenhange zwischen der magnetischen

Zerlegung der zu derselben Serie gehörenden Linien zu fragen. Ein solcher hat sich nun wirklich herausgestellt. RUNGE und PASCHEN haben bei ihrer Untersuchung des ZEEMAN'schen Phänomens beim Quecksilber gefunden, dass alle Linien einer Serie in genau derselben Weise zerlegt werden.

Ich bin überzeugt, dass die Theorie erst dann bedeutende Fortschritte machen wird, wenn sie auch ihrerseits die Aufmerksamkeit nicht bloss auf eine einzelne Spektrallinie, sondern auf die Gesamtheit aller Linien eines chemischen Elementes richtet. Wenn es uns einmal gelingt, den Bau der Spektren theoretisch zu ergründen, dann, und nicht früher, wird man die verwickelteren Formen des ZEEMAN'schen Phänomens mit gutem Erfolge in Angriff nehmen können. Besser sage ich wohl: in Zukunft werden die Untersuchungen über die Gesetzmässigkeiten in den Spektren und über den ZEEMAN-Effekt Hand in Hand gehen müssen; so werden sie dereinst zu einer Theorie der Lichtemission führen können, die zu erreichen eins der schönsten Ziele der heutigen Physik ist.

Auch ausserhalb des Gebietes der magneto-optischen Erscheinungen findet die Elektronentheorie ein unabsehbares Arbeitsfeld. Schon die frei fliegenden Elektronen, mit welchen man es bei den Kathodenstrahlen und einigen Arten von BECQUEREL-Strahlen zu tun hat, geben zu manchen interessanten Problemen Anlass. Ich erwähne nur die wichtige Frage nach der sogenannten scheinbaren Masse dieser Teilchen. Mit jeder Bewegung eines Elektrons ist ein bestimmtes magnetisches Feld im umgebenden Äther und also auch eine gewisse Energie dieses Mediums unzertrennlich verbunden; wir können daher ein Elektron nie in Bewegung versetzen, ohne zu gleicher Zeit dem Äther diese Energie mitzuteilen. Dazu ist ein Aufwand von Arbeit erforderlich, und wir müssen also eine grössere Kraft wirken lassen, als wenn jenes magnetische Feld nicht erregt zu werden brauchte. Die Rechnung lehrt, dass es, was die erforderliche Kraft betrifft, auf dasselbe herauskommt, als wenn die Masse etwas grösser wäre, als sie in Wirklichkeit ist. M. a. W., wenn wir aus den Erscheinungen in gewöhnlicher Weise auf die Masse schliessen, so bekommen wir die wirkliche Masse, vergrössert um einen Betrag, den wir die scheinbare oder elektromagnetische Masse nennen können. Beide zusammen bilden die für die Erscheinungen massgebende, die effektive Masse.

Die im letzten Jahre von KAUFMANN und ABRAHAM publizierten Untersuchungen haben nun bewiesen, dass die scheinbare Masse keineswegs zu vernachlässigen ist. Sie bildet gewiss einen erheblichen Teil der effektiven Masse, und die Möglichkeit ist vorhanden, dass man am Ende den Elektronen nur scheinbare und gar keine wahre Masse wird zuschreiben müssen.

Das Eigentümliche bei dieser scheinbaren Masse ist übrigens, dass sie nicht konstant ist, sondern von der Grösse der Geschwindigkeit abhängt; demzufolge unterscheidet sich die Bewegungslehre des Elektrons in mancher Hinsicht von der gewöhnlichen Dynamik.

Es lässt sich schwerlich sagen, ob es jemals möglich sein werde, mit gutem Erfolge auf die Frage nach der Natur eines Elektrons, welche die genannten Untersuchungen bereits streifen, näher einzugehen. Indes, auch ohne dieselbe zu stellen, können wir damit fortfahren, die Grundsätze der Theorie an der Erfahrung zu prüfen und aus den Eigenschaften der ponderablen Körper Schlüsse in Bezug auf die in denselben enthaltenen Elektronen abzuleiten. Die Elektrizitäts- und Wärmeleitung der Metalle, die Thermo-Elektrizität, die permanenten und temporären Magnete, die Strahlung und Absorption der Wärme, die optischen, elektrischen und magnetischen Eigenschaften der Kristalle, alle diese Gegenstände versprechen uns eine reiche Ernte. Und noch weitere Räume erschliessen sich unserem Blick. Wenn es wahr ist, dass, wie man es aus optischen Versuchen geschlossen hat, die Dimensionen eines ponderablen Körpers eine kleine Änderung erleiden, sobald er sich durch den ruhenden Äther hin fortbewegt, so müssen wir folgern, dass die Molekularkräfte in ähnlicher Weise wie die elektrischen Wirkungen durch den Äther vermittelt werden, und das führt auf den Gedanken, diese Kräfte seien im Grunde elektromagnetischer Natur und die materiellen Teilchen, zwischen welchen sie existieren, seien aus Elektronen zusammengesetzt, oder wenigstens, die elektrischen Ladungen derselben seien, auch was die Molekularkräfte betrifft, nicht etwas Nebensächliches, sondern etwas sehr Wesentliches.

So hoffen wir, dass die Elektronenhypothese, indem sie in die verschiedensten Teile der Physik aufgenommen wird, zu einer allgemeinen, viele Gebiete der Physik und auch der Chemie umfassenden Theorie führen wird. Vielleicht wird sie selbst auf dem lan-

gen Wege völlig umgestaltet werden; wir können jedoch kaum daran zweifeln, dass unsere Vorstellungen über den Zusammenhang weit auseinander gehender Erscheinungen mit den elektromagnetischen Phänomenen sich bewähren werden, und dass also, insofern sie sich auf das Wesen der ponderablen Materie bezieht, jene allgemeine Theorie eine elektrochemische sein wird, wie sie BERZELIUS bereits vorschwebte und wie er sie mit den ihm zur Verfügung stehenden Tatsachen auszubilden versuchte.

Freilich ist das ein Ausblick in ferne Zukunft, zu deren Verwirklichung Nennenswertes beizutragen der einzelne Forscher kaum hoffen darf. Was mich betrifft, so werde ich mich glücklich schätzen, wenn es mir vergönnt ist, ermutigt und angeregt durch die hohe mir von Ihrer Akademie verliehene Auszeichnung, an der Lösung der sich uns zunächst darbietenden Probleme einen bescheidenen Anteil zu nehmen.

Ich schliesse mit meinem wärmsten Dank für die Aufmerksamkeit, mit der Sie mich angehört haben.

---