

Auch der Windungssinn wechselt häufig ohne sichtbare Veranlassung. Man kann aber auch meist den Windungssinn willkürlich ändern, indem man z. B. im Falle rechts gewundener Schraube von der Anode aus mit der Hand um das Rohr herum eine Linkschraube beschreibt.

Sowohl die links wie die rechtsgewundene Leuchtschraube dreht sich und zwar in der Regel derart, dass sich jedes Bahnelement langsam von der Anode nach der Kathode zu verschiebt (die rechtsgewundene Schraube dreht also meist links, und umgekehrt — von der Anode aus gesehen). Die Drehgeschwindigkeit ist sehr variabel. Durch elektrostatische Beeinflussung kann man die Drehung vollständig aufheben.

Einen wesentlichen Einfluss der Rohrstellung, ob vertikal (Anode oben oder unten) oder horizontal auf Ganghöhe, Windungssinn

u. s. w. war nicht zu bemerken. Es ist also auch die Richtung des erdmagnetischen Feldes im Rohre ohne Einfluss. Ebenso war das Annähern, weiter auch das Umlegen eines langen zum Rohre normal- oder parallelliegenden Stabmagneten ganz wirkungslos; erst wenn das Umlegen in weniger als 20 cm Abstand vom Rohre erfolgte, bemerkte man (aber auch nur während der Operation des Umlegens) eine vorübergehende Störung, welche also elektrischen und nicht magnetischen Einflüssen zuzuschreiben war.

Ganghöhe, Windungssinn, Drehsinn u. s. w. der in Rede stehenden schraubenförmigen Entladung sind also gegen elektrische Einflüsse äusserst empfindlich, gegen magnetische nicht. Die häufigen spontanen Änderungen des Wertes der genannten Grössen erntigen nicht zu eingehenden Untersuchungen.

Dresden, den 28. Juli 1900.

(Eingegangen 31. Juli 1900.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Elektromagnetische Theorien physikalischer Erscheinungen.¹⁾

Von H. A. Lorentz.

Wenn ich in dieser Stunde Ihr wohlwollendes Interesse auf einige Probleme der heutigen Physik lenke, so bietet sich mir eine grosse Auswahl dar. Zahlreich sind ja die Wege, auf welchen wir versuchen, die Naturerscheinungen unserem Geiste näher zu bringen; einige sind sicher und führen geradenwegs auf das Ziel hin; andere schlängeln sich um unüberwindliche Schwierigkeiten oder sind nur auf kurze Strecken durch kühne Bahnbrecher angelegt. Individuelle Eigenschaften und Neigungen bestimmen für jeden Forscher die Wahl; der eine wird mit Vorliebe das Gebiet unserer Kenntnisse durch neue Entdeckungen erweitern, der andere lieber das bereits gewonnene Terrain bearbeiten und ebnen.

Für alle ist das Gesetz der Erhaltung der Energie ein Führer, von dessen Anweisungen sie nicht leicht abweichen werden. Wer seine Physik in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts gelernt hat, ist mit diesem Prinzip so verwachsen, dass es allem seinem wissenschaftlichen Denken von Beginn ab sein Gepräge aufgedrückt hat. Wir betrachten es jetzt als

sehr natürlich, dass eine Grösse, wie der Arbeitsvorrat oder die Energie existiert, die für das ganze Weltall oder für ein in sich abgeschlossenes System von Körpern berechnet fortdauernd denselben Wert behält, wenn auch ihre Verteilung über die einzelnen Körper und der Betrag ihrer Teile, die von dem Orte, der Bewegung und dem Zustande der Körper abhängen, von Augenblick zu Augenblick sich verändern können. Dass die Energie der Sonnenstrahlen in andere Formen übergeht — wie die gebräuchliche Bildersprache lautet —, wenn das Wasser verdampft und nach den Bergspitzen übergeführt wird, wenn Winde entstehen oder die grünen Pflanzenteile den Kohlenstoff aus der Kohlensäure der Atmosphäre in neue Verbindungen festlegen, mit solchen Ideen sind wir vollkommen vertraut. Und legt uns jemand, was hin und wieder nochmal vorkommt, einen Plan für ein Perpetuum mobile vor, dann getrauen wir uns, denselben sofort, selbst bevor wir von dessen Eigenart Kenntnis genommen haben, für ein Hirnspinnst zu erklären. Wir werden es für unsere Pflicht halten, dem Erfinder seine Illusionen zu nehmen, selbst wenn es uns schwierig sein mag, ihm genau und überzeugend den Fehler in seinem Gedankengang nachzuweisen. Sollte uns dies ganz und gar nicht gelingen, dann werden wir das unserer mangelhaften Einsicht zuschreiben; so sehr haben wir uns daran gewöhnt, das allgemeine Prinzip,

¹⁾ Rektoratsrede, gehalten zur Feier des 325. Jahrestages der Universität Leyden am 8. Februar 1900.

dass eine Maschine auf die Dauer keine Arbeit verrichten kann, wenn nicht von aussen Energie zugeführt wird, höher zu stellen, als unsere Kenntnis der besonderen Wirkungen der Naturkräfte.

Ein zweiter allgemeiner Satz ergänzt in der glücklichsten Weise das Gesetz von der Erhaltung der Energie. Die Untersuchungen, welche die Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile erwiesen, führten zugleich zu der Erkenntnis, dass die Natur in der Wärme des Seewassers, der Luft und des Bodens einen unermesslichen Vorrat von Energie aufgespeichert hat, einen Vorrat, von dem wir uns einen Begriff bilden können, wenn wir erwägen, dass das Arbeitsvermögen, welches eine Wassermasse beim Sinken der Temperatur um $0,1^{\circ}$ C. verliert, beinahe ebenso gross ist, als die Energie, welche dieselbe Wassermasse haben würde, wenn sie mit einer Geschwindigkeit von 30 m pro Sekunde strömte. Es ist daher nicht wunderbar, dass die Frage angeregt wurde, ob wir diese Schätze nicht ebenso gut, wie die Energie des Windes oder eines Wasserfalles uns dienstbar machen könnten. Das Gesetz der Erhaltung der Energie würde, wenn uns dies gelänge, unangetastet bleiben; es ist diesmal der sogenannte zweite Hauptsatz der Thermodynamik, der uns hier eine Grenze steckt. Er lehrt, dass wir nur unter ganz bestimmten Bedingungen Wärme als bewegende Kraft benutzen können, z. B. wenn wir Körper von verschiedener Temperatur, wie den Feuerherd und das Kühlwasser bei einer Dampfmaschine zu unserer Verfügung haben. Dann kann ein bestimmter Bruchteil, und niemals mehr als dieser Bruchteil, der Wärme, die dem Körper mit der höchsten Temperatur entzogen wird, zum Verrichten von mechanischer Arbeit benutzt werden.

Es giebt kein anderes Gesetz in der Physik, das sich in so verschiedene Formen giessen und das sich so vielseitig anwenden lässt, als dies thermodynamische. Die einfache Form, unter der Clausius dasselbe aussprach: „die Wärme kann nicht von selbst aus einem kälteren in einen wärmeren Körper übergehen“, ist beinahe nicht mehr zu erkennen in dem Kleide von verwickelten mathematischen Formeln, die für einige Zwecke nötig geworden sind. Indes in der einen oder anderen Gestalt herrscht das Gesetz ausgedehnte Kapitel der theoretischen Physik. Es verschafft uns eine Einsicht in die Bedingungen, unter welchen die eine Form der Energie in die andere übergeführt werden kann und giebt uns im allgemeinen die Richtung an, in welcher die Naturerscheinungen vor sich gehen. In der jungen Wissenschaft der physikalischen Chemie spielt es eine Hauptrolle; es ist der Leitfaden, der Schreinemakers u. a. den Weg im Irrgarten verwickelter chemischer Gleichgewichte weist.

Das Operieren mit solchen allgemeinen Grundsätzen hat aber auch seine Schattenseiten. Gerade weil das Gesetz der Erhaltung der Energie und der zweite Hauptsatz der Thermodynamik unabhängig von dem inneren Bau der Körper sind — oder höchstens nur sehr allgemeine Voraussetzungen darüber erfordern — lernt man, wenn man sich nur dieser Gesetze bedient, über den Mechanismus der Erscheinungen nichts oder nur sehr wenig. Wohl wird man zu begehrenswerten Resultaten geführt, aber man bekommt unterwegs nicht viel zu sehen.

So z. B. wenn wir mit James Thomson aus der Thatsache, dass Wasser beim Gefrieren eine Volumänderung von 9% erfährt, im Verein mit der Schmelzwärme von Eis den Schluss ziehen, dass der Schmelzpunkt um $0,007^{\circ}$ C. sinken muss, wenn der Druck um 1 Atmosphäre erhöht wird. Wir finden dies experimentell bestätigt und knüpfen daran interessante Schlüsse über manche Erscheinungen, die wir im kleinen im Laboratorium und im grossen bei den Gletschern wahrnehmen. Doch die Versicherung, dass dies alles so sein muss, weil, wenn der Gefrierpunkt einmal nicht, oder nicht genau um $0,007^{\circ}$ C. erniedrigt würde, es uns möglich sein würde, in einem System von Körpern Veränderungen hervorzurufen, die zum Schluss der Rechnung darauf hinauslaufen würden, dass Wärme aus einem kalten in einen warmen Körper übergegangen wäre, diese Erklärung kann uns nur halbwegs befriedigen.

Die Befriedigung, welche uns die allgemeinen Gesetze nicht gewähren, suchen und finden wir auch zum Teil in den besonderen Theorien über den Mechanismus der Erscheinungen; diese geben uns von dem Zusammenhang und Wesen der Dinge eine zwar mangelhafte aber doch lebendige und klare Vorstellung. Während sie uns das bereits Gefundene als notwendig erkennen lehren, helfen sie uns das noch Verborgene aufzuspüren und führen uns zu neuen Untersuchungen, ja vielleicht zu neuen Entdeckungen. Wärme ist nun nicht mehr ein Name für irgend ein unbekanntes Agens, oder für einen Ausdruck in unseren mathematischen Formeln; wir denken, sobald wir das Wort gebrauchen, an eine schnelle, ungeordnete Bewegung der unsichtbaren Moleküle der Körper. Die Eigenschaften der Gase werden Folgerungen aus den einfachsten Voraussetzungen, die wir über die Bewegung und die gegenseitige Wirkung der Moleküle machen können. Es wird uns klar, wie der durch das Gas ausgeübte Druck entsteht, warum das Gas sich bei der Erwärmung ausdehnt, wie die Mischung zweier Gase stattfindet, was wir Reibung der einen Gasschicht gegen die andere nennen. Wir folgen van der Waals und schreiben den Molekülen einige

Ausdehnung zu und die Kraft, sich in kleinen Abständen gegenseitig anzuheben. Das Bild kann auch eine Flüssigkeit darstellen, und indem wir die Hypothesen an der Erfahrung stets prüfen, arbeiten wir das Bild weiter und weiter aus, stellen die Dimensionen näherungsweise fest, wiegen und messen die Moleküle und Atome.

Während die molekularen Theorien bemüht sind, die Schwierigkeiten, womit sie noch zu kämpfen haben, zu überwinden, lernen wir inzwischen von Lord Kelvin, dass die Elastizität und Festigkeit der Moleküle von schnellen Bewegungen herrühren könnten, wie das Fahrrad die Stabilität seiner richtigen Lage durch die Umdrehung erhält. Ja derselbe Forscher geht weiter und entwirft versuchsweise die kühne Theorie der Wirbelatome: der ganze Raum von einer einzigen inkompressiblen Flüssigkeit erfüllt; was wir Atome nennen, sind nichts anderes als Teile dieses Stoffes, welche durch eine fortwährende, drehende Bewegung sich gegen die umringende Flüssigkeit abheben. Der vorsichtige Hertz basiert ein System der Mechanik und Naturerklärung auf die Hypothese, dass alle sichtbaren Bewegungen begleitet sind von unsichtbaren, deren Art uns unbekannt ist. In diesem Systeme sind es Wirbelbewegungen, welche einen fallenden Stein zur Erde treiben, Bewegungen, die bereits bestanden, bevor der Stein losgelassen wurde, sodass wir, wenn man so will, keine neue Bewegung zu sehen bekommen, sondern nur die Fortsetzung einer schon bestehenden.

Selbstverständlich muss der Naturforscher bei solchen Spekulationen auf der Hut sein, um nicht der Spielball seiner Phantasie zu werden; unfehlbar wird er das werden, wenn er nicht an seine Theorien strenge Anforderungen stellt.

Er muss Sorge tragen, dass seine Erklärung mit den einzelnen Thatfachen der Erscheinungsgruppen, welche er dem Verständnis näher bringen will, übereinstimmt, und erst, wenn durchaus kein anderer Ausweg mehr zu finden ist, wird er es wagen, von den verallgemeinerten Erfahrungen, die im Gesetz der Erhaltung der Energie und in den Regeln der Thermodynamik ausgesprochen werden, abzuweichen. Was er aus seiner Theorie voraussagen kann, muss er soweit als möglich auf die Probe stellen. Kurz, wie Hertz es ausdrückt, wir machen uns „innere Scheinbilder“ der äusseren Gegenstände, und zwar so, dass das, was sich aus diesen Bildern nach den Gesetzen unseres Denkvermögens ergibt, dem entspricht, was ausserhalb von uns nach den Naturgesetzen geschieht.

Unser gutes Recht so zu handeln, entziehen wir dem inneren Drange unseres Geistes, unser Vertrauen auf den Erfolg aber den bereits mit gutem Glück aufgestellten Theorien. Wir hätten

solche Bilder, wie sie Hertz verlangt, gar nicht bilden können, wenn nicht zwischen unseren Geistes und der Natur eine Verwandtschaft und Übereinstimmung bestünde, die uns vor ganzlichem Irrtum bewahren muss.

Unter den Theorien der heutigen Physik giebt es eine Gruppe — man kann sie die elektromagnetischen Theorien der physikalischen Erscheinungen nennen —, die mir für die nächste Zukunft soviel zu versprechen scheinen, dass ich es für gut halte, sie etwas ausführlicher zu besprechen.

Als Ausgangspunkt hierzu möge die gegenwärtige Auffassung der Lichterscheinungen dienen, die wir, was die theoretische Ausarbeitung betrifft, James Clerk Maxwell, und was die experimentelle Bestätigung der Grundlagen anbelangt, Heinrich Hertz zu verdanken haben, beides Männern von seltenen Geistesgaben, die leider zu früh, der eine im 49., der andere im 37. Lebensjahr der Wissenschaft entrissen wurden.

Die fundamentalen Begriffe, welche Maxwell zu seiner Entdeckung der Natur der Lichtschwingungen benutzte, fand dieser Forscher bei seinem grossen Vorgänger Faraday.

Ebenso wie dieser sah er in der Wirkung zweier elektrisierter Körper oder zweier Magnete auf einander etwas anderes, als die der weiteren Forschung sich fast gänzlich entziehende Fernwirkung der alten Theorien. Es müsse, so meinte er, in dem ringsum und zwischen den auf einander wirkenden Körpern befindlichen Stoff eine gewisse Veränderung stattgefunden haben; durch eine Modifikation seines natürlichen Zustandes müsse jener Stoff, das Medium, die Ursache jedes Einflusses geworden sein, den der eine Körper auf den anderen ausübt. Dieser Vorgang müsse dem Fortziehen eines Gegenstandes durch den anderen unter Vermittlung einer zwischen beiden gespannten Schnur, oder der Übertragung der durch die Luft fortgepflanzten Schwingungen einer Stimmgabel auf die andere einigermaßen ähnlich sein. Wir wollen annehmen, dass das Zwischenmedium bei den elektrischen und magnetischen Erscheinungen der Weltäther sei, der nicht nur im Himmelsraume zwischen den Atmosphären der Sterne anwesend ist, sondern auch alle Räume zwischen den Atomen des gewöhnlichen oder wägbaren Stoffes ausfüllt, ja vielleicht die Atome selbst durchdringt.

Die Veränderungen, welche in diesem Äther vor sich gehen können, sind nun von zweierlei Art. Rings um einen elektrisierten Körper befindet sich der Äther in einem Zustande, infolgedessen er auf ein Körperchen mit einer elektrischen Ladung eine Kraft von bestimmter

Richtung und Grösse ausübt; in der Nähe eines gewöhnlichen Magnetstabes besteht ein Zustand, der auf analoge Weise die Kraft bestimmt, die auf einen Magnetpol ausgeübt wird. Man kann diese Zustände, indem man den Namen einer Wirkung auf die Ursache derselben anwendet, durch die Ausdrücke „elektrische Kraft“ und „magnetische Kraft“ bezeichnen.

Zuweilen haben wir es nur mit einer von beiden zu thun, so wenn im ersten Beispiel die Grösse der elektrischen Ladung, im zweiten die Magnetisation fortdauernd dieselbe ist. In vielen Fällen bestehen die beiden Zustände zu gleicher Zeit, aber dann existiert auch zwischen beiden ein bestimmter Zusammenhang, welche man aus den wahrgenommenen Erscheinungen hat ableiten können. Die Gleichungen, in denen Maxwell denselben ausdrückte, lehrten ihm, dass das Entstehen oder Vergehen und im allgemeinen jede Veränderung der elektrischen oder magnetischen Kraft in irgend einem Punkt des Äthers sich überall im umgebenden Raum fühlbar machen wird, jedoch nicht augenblicklich, sondern um so später, je mehr man sich vom Ausgangspunkt entfernt. Die elektromagnetischen Gleichgewichtsstörungen pflanzen sich mit einer bestimmten Geschwindigkeit fort, die aus Messungen über elektrische und magnetische Erscheinungen abgeleitet werden kann; sie beträgt 300 Millionen Meter pro Sekunde.

So wird, wenn ein leitender Gegenstand erst auf der einen Seite eine positive und auf der anderen eine negative Ladung hat, und diese sich dann plötzlich ausgleichen, eine elektromagnetische Welle sich nach allen Richtungen hin ausbreiten, einermassen so, wie die durch einen in Wasser geworfenen Stein hervorgerufenen Wasserwellen sich fortpflanzen. Fließt die Elektrizität anhaltend in dem Körper hin und her, dann entstehen in dem umgebenden Äther elektrische und magnetische Schwingungen, ebenso wie über eine Wasserfläche eine Reihe von Wellenbergen und -Thälern hintereinander fortlaufen können. In jedem Punkt wechselt sowohl die elektrische als auch die magnetische Kraft unaufhörlich ihre Richtung; beide stehen senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung.

Nachdem dies alles entdeckt, fiel eine merkwürdige Übereinstimmung mit den Lichterscheinungen ins Auge. Dass sich bei diesen eine schwingende Bewegung fortpflanzt, wusste man schon lange; ebenso, dass die Richtung der Schwingungen senkrecht zum Lichtstrahl steht. Und, was vor allen Dingen auffallen musste, die Geschwindigkeit des Lichts, wie sie zuerst aus astronomischen Beobachtungen und später auch durch Versuche auf der Erde gefunden wurde, ist 300 Millionen Meter pro Sekunde, gerade ebensogross als die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elektrischen und magnetischen Kraft.

(Fortsetzung folgt.)

REFERATE ÜBER DIE BERICHTE DES INTERNATIONALEN PHYSIKERKONGRESSES ZU PARIS.

André Broca, Die Umwandlungen der Energie im Organismus. 28 Seiten.

Der erste Abschnitt dieses Berichts „Thermodynamik“ beschäftigt sich im wesentlichen mit der alten Streitfrage, ob im Muskel chemische Energie erst in Wärme und diese in mechanische Arbeit, oder vielmehr direkt in mechanische Arbeit verwandelt werde: Verfasser entscheidet sich mit Fick u. a., gegen Engelmann für das letztere. In der historisch-kritischen Darstellung fällt das Gewicht auf, welches er den an und für sich ja sehr anerkennenswerten, aber vollständig überlebten Bemühungen eines Hirn beimsist, sowie den neueren Arbeiten von Chauveau über die Muskelmechanik, welche uns Deutschen wenigstens auch nicht das geringste Neue gebracht haben. Verfasser kommt auf Versuche zurück, in welchen er mit Richet Abkühlung statt Erwärmung der gereizt sich kontrahierenden Muskeln eines warmblütigen Tieres dann beobachtet haben will, wenn dieses

im Erstickungs- resp. Verblutungszustande sich befindet. Referent muss hier bemerken, dass alle derartigen Fälle von „negativer Wärmeschwankung“, deren Vorgeschichte ja auch Verfasser kurz wiedergibt, sich bisher auf Fehlerquellen haben zurückführen lassen; Referent besitzt hierüber auch eigene, nicht veröffentlichte Erfahrungen, welche sogar etwas dem vorliegenden Falle sehr nahestehendes betreffen. Nun, Verfasser sucht auf Grund der Konstruktion eines galvanischen Elementes, welches mehr elektrische Energie abgibt, als chemische in ihm verbraucht wird (daher also sich abkühlen muss), zu zeigen, dass die „Abkühlung des thätigen Muskels“ doch mit der direkten Umwandlung der chemischen Energie in mechanische vereinbar sei.

In dem zweiten Abschnitt „über organische Schwingungserscheinungen“ redet Verfasser zwar von dem Muskelgeräusch als einer solchen, während er die Reizwelle, resp. Negativitäts-

VORTRÄGE UND REDEN.

Elektromagnetische Theorien physikalischer Erscheinungen.

Von H. A. Lorentz.

(Fortsetzung und Schluss.)

Das waren die hauptsächlichsten Gründe, die Maxwell bestimmten, anzunehmen, dass ein Lichtstrahl nichts anderes sei, als eine Aufeinanderfolge von sehr rasch, nämlich hunderte Billionen mal in der Sekunde die Richtung wechselnden elektromagnetischen Gleichgewichtsstörungen.

Auf weitere Einzelheiten darf ich hier nicht eingehen. Kein Physiker bezweifelt augenblicklich noch, dass die Theorie in der Hauptsache richtig ist. Wer würde sich denn auch vorstellen wollen, dass zwei Gleichgewichtsstörungen sich in demselben Medium mit derselben Geschwindigkeit ausbreiten, ohne dass zwischen beiden eine Beziehung oder Übereinstimmung bestünde?

Die experimentelle Bestätigung dessen, was Maxwell aus seinen Formeln abgeleitet hatte, lieferte Hertz. Nachdem eine bewundernswerte Einsicht in die Bedeutung von scheinbar unbedeutenden Erscheinungen ihn eine Methode zur Wahrnehmung von schnellen Schwingungen hatte finden lassen, glückte es ihm in seinem Auditorium im Karlsruher Polytechnikum, wo er über einen Abstand von 15 Meter verfügte, nachzuweisen, dass die elektrischen Schwingungen sich nach den gewöhnlichen Gesetzen der Wellenbewegungen fortpflanzen, und dass die Geschwindigkeit, mit der sie das thun, innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler gerade so gross ist, wie es die Theorie verlangt.

Diese elektrischen Wellen unterscheiden sich von den Lichtwellen nur durch die geringere Geschwindigkeit, womit die entgegengesetzt gerichteten Gleichgewichtsstörungen mit einander abwechseln. Bei den ersten Versuchen, welche Hertz unternahm, betrug die Anzahl der Schwingungen in der Sekunde ungefähr 100 Millionen, bei den gelben Lichtstrahlen beträgt sie 500 Billionen. Hiermit hängt der Unterschied in den Wellenlängen zusammen; dieselbe betrug bei Hertz einige Meter und ist beim gelben Licht nicht einmal der tausendste Teil eines Millimeters. Die Schwingungen von Hertz sind mit Wellen auf der Wasseroberfläche zu vergleichen, wobei die Wellenberge in grossen Intervallen auf einander folgen, die Lichtschwingungen mit feinen, dicht aufeinander gedrängten Kräuselungen des Flüssigkeitsspiegels.

Dieser quantitative Unterschied ist indes der einzige, welcher zwischen beiden besteht. Auch in den Röntgenstrahlen haben wir es aller Wahrscheinlichkeit nach mit elektromagnetischen Gleichgewichtsstörungen zu thun. Haga und Wind fanden für deren Wellenlänge 1—2 zehnmillionstel Millimeter. Von dem Namen „X-Strahlen“ wollen sie daher nun auch nichts mehr wissen.

Zahllos sind die Versuche, die durch die Arbeiten von Hertz angeregt wurden. Sie führten zu Marconis Telegraphie ohne Draht, bei welcher intermittierend während längerer oder kürzerer Zeiten elektrische Schwingungen, die den Strichen und Punkten des Morse-Alphabets entsprechen, durch den Luftraum ausgesandt werden. Es wurde ferner bewiesen, dass die „Strahlen elektrischer Kraft“, wie sie Hertz nannte, nicht allein, was die Fortpflanzung in der Luft, sondern auch was Reflexion, Brechung und manche andere Erscheinung betrifft, denselben Gesetzen gehorchen, wie die Lichtstrahlen. Ein cylindrischer Hohlspiegel vereinigt sie in eine Brennlinie, ein Prisma lenkt sie vom geraden Weg ab.

Wollte man bei derartigen Versuchen nicht mit kolossalen Apparaten arbeiten, dann musste man zuerst danach trachten, wahrnehmbare Schwingungen von kleineren Wellenlängen als einige Meter zu erhalten. Hertz verkleinerte die Dimensionen des „Vibrators“, der die Schwingungen aussandte und gelangte so zu Wellenlängen von ungefähr $\frac{2}{3}$ m; nun war es möglich, die Brechung durch einen prismatischen Asphaltblock, dessen Seitenlängen inmerhin noch mehr als einen Meter betragen, ebenso wahrzunehmen, wie die des Lichts durch ein kleines Stück Glas.

Später hat sich besonders Righi darauf gelegt, soweit als möglich, alle optischen Versuche mit elektrischen Schwingungen nachzuahmen; er arbeitete mit Wellenlängen von 20, 10, ja selbst 2,5 cm. Lebedew ist noch weiter gegangen bis zu Wellenlängen, die kleiner als 1 cm waren.

Durch Maxwells Ideen wurde uns ein Weg erschlossen, um auch in das Wesen der ponderablen Materie tiefer einzudringen. Es liegt auf der Hand, dass zu einer elektromagnetischen Theorie der Fortpflanzung des Lichts eine analoge Theorie über die Emission und ebenso über das Auffangen der Schwingungen passt; ich habe dabei die mannigfachen Erscheinungen im Sinn, welche sich zeigen, wenn irgend ein wägbarer Körper, ein Gas oder eine Flüssigkeit, ein Stück Glas, ein Kalkspatkrystall oder eine

lichtempfindliche photographische Platte vom Lichte getroffen wird.

Bei den Versuchen von Hertz waren die Vibratoren Metallmassen, in denen hin- und hergehende elektrische Ströme existierten. Beim Lichte müssen unzweifelhaft die einzelnen Moleküle in der Flamme, in den Funken oder in der leuchtenden Geisslerschen Röhre als Ausgangspunkte der Strahlung angesehen werden; es liegt daher auf der Hand, jenes dieser Theilchen, deren Grösse weit unter dem mikroskopisch Wahrnehmbaren liegt, mit einem Vibrator von Hertz, natürlich von der allereinfachsten Art, zu vergleichen.

Man kann elektromagnetische Wellen viel einfacher hervorbringen, als mit Hilfe der oscillierenden elektrischen Ströme in einem Metallstabe. Es genügt, einen positiv oder negativ geladenen Körper mit der Hand hin- und herzubewegen. Solch ein Körper hängt mit dem Äther zusammen; er ist gleichsam an eine Anzahl von unsichtbaren, sich nach allen Richtungen erstreckenden Drähten geheftet, die wir durch Vermittelung des geladenen Körpers angreifen können. Bewegt sich die Hand einmal in der Sekunde hin und her, dann entstehen längs aller dieser Drähte Wellen von 300 Millionen Meter; könnte man die Bewegung 100 Millionen mal so schnell ausführen, dann würden Wellen wie die von Hertz entstehen. Liesse man ein kleines geladenes Körperchen hunderte Billionen mal in der Sekunde sich über eine kleine Strecke hin und herbewegen, so würde man ohne Zweifel Licht zum Vorschein bringen.

So sind wir mit einem Modell für die Emission des Lichtes bald fertig. Wir wollen in den Molekülen der Flamme kleine elektrisch geladene Theilchen voraussetzen, und zwar so, dass in jedem Moleküle gleichviel positive, wie negative Ladung enthalten ist. Wir stellen uns weiter vor, dass in jedem lichtgebenden Moleküle wenigstens eins dieser Theilchen um eine Gleichgewichtslage schnell hin und herschwingen kann, unter dem Einfluss von Kräften, die es nach der Gleichgewichtslage zurückzutreiben suchen. Schliesslich wollen wir annehmen, dass jedesmal, wenn ein Körper leuchtet, die geladenen Theilchen auf die eine oder andere Weise in Schwingungen geraten. Auf die Natur der elektrischen Ladungen gehen wir weiter nicht ein. Die vorausgesetzten Theilchen sollen in der Hauptsache dieselben Eigenschaften, welche wir an geladenen Körpern wahrnehmen, besitzen. Einen weiteren Begriff brauchen wir uns nicht zu bilden. Ein Name ist freilich bequem, wir nennen sie nach Faraday „Ionen“.

Diese Ionen nun sehen wir in jedem leuchtenden Körper, ja wir müssen ihr Vorhandensein sogar in allen Körpern voraussetzen. Denn es giebt keinen Körper, der nicht Wärme aus-

strahlt, selbst wenn er bis zu den niedrigsten, bis jetzt erzielten Temperaturen abgekühlt wird, und Sie wissen, wie die Wärmestrahlen, abgesehen von der Wellenlänge, von derselben Art sind, wie die Lichtstrahlen. Der Mechanismus der Emission muss in beiden Fällen derselbe sein. So ist unsere ganze Umgebung — ich meine hier nicht den Äther, sondern den wägbaren Stoff — von Ionen erfüllt, die in alle Ewigkeit ruhelos fortschwingen und sich gegenseitig ihre Wärmestrahlen zusenden.

Und nun das Auffangen der Schwingungen? Hertz gebrauchte dazu einen zweiten metallischen Leiter, einen zu einem Kreise oder einem Rechteck gebogenen Kupferdraht. Die Elektrizität darin wurde durch die vom Vibrator ausgehenden Wellen zu hin- und hergehender Bewegung, oder, wie man auch sagt, zum Mitschwingen erregt. Die Verhältnisse liegen hier ähnlich, wie bei dem bekannten Versuch des Mitschwingens einer Stimmgabel mit einer anderen, — dies deutet auch der Name „Resonator“ an, mit dem der eben genannte Apparat belegt wurde.

In unserem Bilde der optischen Erscheinungen brauchen wir nach den Resonatoren nicht weit zu suchen. Die Ionen, die in den Molekülen der Körper eingeschlossen liegen, werden sich, sobald sie durch einen Lichtstrahl getroffen werden, in Bewegung setzen. Aus diesem Mitschwingen, verschieden je nach den Kräften, mit denen die Ionen in ihrer Gleichgewichtslage festgehalten werden, erklärt die elektromagnetische Theorie den Einfluss der ponderablen Materie auf das Licht. Sie schreibt die Trennung der Farben in ein Spektrum dem Umstande zu, dass die Ionen im Prisma nicht durch alle Lichtarten in demselben Masse zum Mitschwingen erregt werden, und die wunderbaren Erscheinungen der Doppelbrechung in Krystallen, von denen Christian Huyghens in seinem „Traité de la lumière“ eine so schöne Erklärung gab, werden die Folge der Ungleichheit der Kräfte, die sich den Verschiebungen nach verschiedenen Richtungen widersetzen.

Es kann kein ponderabler Stoff auf dem Weg eines Lichtstrahls liegen, ohne dass er durch seine Ionen einen Einfluss auf dessen Lauf hat. Selbst die kleinste Veränderung in der Dichte der Luft ist, wie die Astronomen nur zu gut wissen, genügend, um einige Abweichung zu verursachen. Ist die Luft stark zusammengedrückt, dann wird die Brechung erheblich; daher kommt es, dass man die verdichtete Luftschicht an der Vorderseite eines Projektils, welches mit einer grösseren Geschwindigkeit als die des Schalls fortfliegt, im Schattenbild auf einer lichtempfindlichen Platte wahrnehmen kann.

Auf welche Weise bei zunehmender Anhäufung der Moleküle die Lichtbewegung stärker und stärker beeinflusst wird, ist der mathema-

tischen Rechnung zugänglich; die Aufgabe kann nämlich mit ziemlicher Annäherung gelöst werden. Man ist imstande, den Brechungsindex von Wasserdampf aus dem des flüssigen Wassers und die Lichtbrechung in einem Gemenge zweier Flüssigkeiten aus der der Bestandteile abzuleiten. Die Übereinstimmung der berechneten Werte mit den beobachteten beweist, dass wir uns auf dem rechten Wege befinden, wenn wir annehmen, dass die Moleküle bei Veränderung des Aggregatzustandes der Körper oder bei der Mischung von zwei Stoffen ihre Art und Individualität beibehalten und dass das Mitschwingen in jedem Moleküle für sich stattfindet.

Einheiten einer anderen Ordnung sind die chemischen Atome, aus denen wir die Moleküle aller Körper aufbauen. Es hat sich gezeigt, dass bei zahlreichen chemischen Verbindungen die Lichtbrechung auf dieselbe Weise, wie bei einem Gemenge, aus der der Bestandteile berechnet werden kann. Hier müssen daher nicht mehr die Moleküle als Ganzes, sondern die einzelnen Atome als Resonatoren fungieren. Jedes Atom, wie klein es auch sein mag, muss wenigstens ein bewegliches Ion enthalten, und die Art und Weise, wie dieses schwingt, muss z. B. in einem Kohlenstoffatom dieselbe sein, gleichgültig ob es ein Bestandteil von Alkohol, Äther oder Glycerin ist.

Nach diesen Spekulationen wird Ihnen eine experimentelle Bestätigung nicht unwillkommen sein. In Prof. Kamerlingh Onnes' Laboratorium, dieser Zierde unserer Universität, nicht wegen der äusseren Form, sondern wegen der inneren Organisation, stellte vor drei Jahren Dr. Zeeman Versuche über das Verhalten einer Natriumflamme zwischen den Polen eines starken Elektromagneten an. Von dem gelben Lichte der Flamme wurde ein Spektrum entworfen, in welchem die bekannte Doppellinie zwei durch die Natriumatome emittierten Lichtarten entspricht, deren Schwingungszahlen nur wenig von einander verschieden sind. Es sind gleichsam in jedem Atome zwei elektrische Vibratoren von verschiedener Periode in Thätigkeit.

Zeeman, gewappnet mit den modernen Hilfsmitteln, versuchte einer Erscheinung auf die Spur zu kommen, nach der, wie es scheint, schon Faraday, doch ohne Erfolg gesucht hatte. Sollten nicht die von den Magnetpolen ausgehenden Kräfte, deren Wirkung auf einige Lichterscheinungen bekannt war, auch in der Emission des Lichtes einige Veränderung bewirken?

Zeeman fand ein geringes Breiterwerden der Spektrallinien; genaue Erwägungen und Kontrollversuche lehrten ihn, dass dies in der

That einem direkten Einfluss der magnetischen Kräfte zugeschrieben werden muss.

Die elektromagnetische Theorie klärte die Erscheinung auf und ermöglichte, die Einzelheiten derselben vorauszusagen. Man wusste schon, welche additionelle Kraft auf ein Ion, das sich im Raum zwischen zwei Magnetpolen bewegt, wirkt, und indem man von einfachen Voraussetzungen ausging — ein einziges Ion, welches, wenn keine magnetischen Kräfte wirken, nach allen Richtungen mit derselben Periode schwingen kann und also eine Spektrallinie giebt — reichte die elementare Mechanik aus, um den Einfluss jener Kraft auf die Schwingungen festzustellen.

Zwischen den Magnetpolen kann das Ion dreierlei Schwingungen mit etwas verschiedenen Perioden ausführen; anstatt eines Tons — dieses Wort möge hier im übertragenen Sinne benutzt werden — erlangt man so drei; jede Spektrallinie, für welche diese Überlegung gilt, muss durch eine dreifache Linie, ein Triplet, ersetzt werden. Ferner müssen in Bezug auf den Polarisationszustand an den Komponenten Eigentümlichkeiten auftreten, welche mit der Art der Bewegungen des Ions, welche die drei Töne hervorrufen, zusammenhängen.

Dies alles wurde durch den Versuch bestätigt. Zwar waren die Natriumlinien nicht fein genug, um bei den zur Verfügung stehenden magnetischen Kräften eine vollkommene Spaltung zu zeigen; die Komponenten bedeckten sich teilweise; aber an den Rändern der verbreiterten Linien konnte doch der durch die Theorie verlangte Polarisationszustand konstatiert werden. Später wurden, zuerst bei einer Kadmiumlinie und darauf in vielen anderen Fällen, reine Triplette gefunden.

Mit grosser Geduld und mit derselben feinen Beobachtungsgabe, womit er hier in Leiden begonnen hatte, hat Zeeman in Amsterdamer Laboratorium sein Werk fortgesetzt. Die Photographie setzte ihn in Stand, die Beobachtungen auch auf die unsichtbaren Linien im ultravioletten Spektrum auszudehnen. Eine Anzahl Naturforscher, deren Aufmerksamkeit durch seine Entdeckung erregt wurde — ich nenne nur Cornu und Becquerel in Paris, Colson in Toulouse, Voigt in Göttingen, Michelson in Chicago und Preston in Dublin — wetteifern mit ihm auf diesem neuen, ausgedehnten Untersuchungsgebiet.

Ausgedehnt ist es schon wegen der grossen Anzahl von Linien in den Spektren, besonders im ultravioletten Teil. Im Natriumspektrum kommen mehr als 30 Linien vor, im Spektrum des Calciums beträgt die Anzahl über hundert, im Eisen viele Hunderte, und man wird nicht ruhen dürfen, bis man bei all diesen Linien den Einfluss des Magnetismus untersucht hat.

Indes, schon jetzt hat sich ergeben, mit welcher Reichtum von Erscheinungen man es hier zu thun hat. Während viele Linien in die von der Theorie verlangten Triplets zerfallen, zeigen andere kompliziertere Erscheinungen. Von den zwei gelben Natriumlinien verwandelt sich die eine in ein Triplet, die andere spaltet sich, wie Cornu gefunden hat, in vier Linien. Andere Beobachter fanden in einigen Fällen eine Zerlegung in eine noch grössere Anzahl von Komponenten. Die Theorie ist also, soviel Gutes auch darin enthalten sein mag, weit entfernt vollkommen zu sein. Dass man sich von dem Einfluss der magnetischen Kräfte am leichtesten durch die Vorstellung von schwingenden elektrischen Ladungen Rechenschaft geben und durch passende Voraussetzungen wohl zu etwas anderem als den einfachen Triplets gelangen kann, ist unzweifelhaft; wir haben jedoch noch kein einigermaßen befriedigendes Bild des Mechanismus, wodurch z. B. das Quadruplet zu stande kommt.

Das Problem, wovon die Theorie sich hier gestellt sieht, muss noch von einer anderen Seite betrachtet werden. Mit einer Erklärung, die sich allein auf die Veränderungen einer Spektrallinie beschränkt, als wären die anderen nicht da, kann man sich auf die Dauer nicht zufrieden geben. Ein lichtausstrahlendes Atom ist wahrscheinlich ein Ganzes, das die den verschiedenen Spektrallinien entsprechenden Schwingungen zu gleicher Zeit ausführt, ebenso wie ein Tönen der Körper eine gewisse Anzahl Töne hervorbringt. Es gilt, zum Schluss darum ein Bild vom Bau dieses Ganzen und vom Zusammenhang seiner Teile zu entwerfen, das uns klar vor Augen führt, warum gerade die tatsächlich bestehenden Töne und keine anderen hervorgebracht werden. Das Endziel muss sein, eine alle Erscheinungen der Strahlung umfassende Mechanik der schwingenden Atome aufzubauen.

Die Untersuchung der Spektren, an der hier zu Lande die Physiker der Utrechter Universität mit Vorliebe teilgenommen haben, hat schon wichtige Bausteine zusammengebracht. Zahlreich ist die Schar der Forscher, denen keine Spektrallinie wie lichtschwach sie auch sein mag, entgeht, und die jeder Schwingung, auch der von den entferntesten Himmelskörpern kommenden, ihren Platz im Spektrum anweisen. Sie haben nicht nur die Zahl der chemischen Grundstoffe fortdauernd vermehrt und das hypothetische „Helium“ der Sonne auf der Erde entdeckt, sondern auch Regel und Ordnung in das Chaos der Spektrallinien gebracht. Viele Spektren sind nach einem gleichen Schema aufgebaut, welches beim Wasserstoff am deutlichsten zum Vorschein kommt. Hier bilden die Linien eine eigentümliche Reihe; sie liegen nicht gleich weit von einander, sondern die

gegenseitigen Abstände werden nach dem Ultraviolett zu immer kleiner. Die höheren Töne werden zusammengedrängt, sodass es ist, als ob das Wasserstoffatom oberhalb einer bestimmten Schwingungszahl nicht mehr zu schwingen vermag.

Reihen, die vollkommen dieselbe Eigentümlichkeit, wie die des Wasserstoffs, zeigen, findet man auch bei anderen Elementen. Die Spektren der einander sehr ähnlichen Elemente Kalium und Natrium enthalten drei solche Reihen von Linien, von denen jedoch eine jede doppelt ist. Bei den Grundstoffen Magnesium, Zink und Cadmium, die ebenso in chemischer Hinsicht nahe mit einander verwandt sind, existieren zwei Reihen; jedoch ist hier jede Linie dreifach.

Obwohl unsere Kenntnisse über die Spektren vieler anderer Elemente noch nicht so weit vorgeschritten sind, erwecken doch die gefundenen Regelmässigkeiten und die grosse Ähnlichkeit zwischen den Spektren einiger Elemente alle Hoffnung, dass auch die hier obwaltenden Beziehungen einmal aufgeklärt werden; vielleicht wird uns schon ein einziger glücklicher Einfall dem Ziele näher bringen. Soweit man das bis jetzt beurteilen kann, hat man mit der elektromagnetischen Theorie die meisten Aussichten, diese Fragen zu lösen.

Wird ihr dies gelingen, dann wird sie auch für den Chemiker ein bescheidener, aber doch nicht zu unterschätzender Bundesgenosse werden. Schon jetzt stehen die bei der Untersuchung der Spektren gewonnenen Resultate mit den allgemeinen Ansichten in Einklang, zu denen uns die Untersuchungen über die Atomgewichte und deren Zusammenhang mit den physikalischen und chemischen Eigenschaften der Grundstoffe geführt haben. Wenn etwas aus den hierbei gefundenen Thatsachen und Beziehungen geschlossen werden darf, so ist es wohl das, dass man sich die Atome nicht als Körper, an denen keine Teile zu unterscheiden sind, vorstellen darf. Sie müssen eine Struktur besitzen, ähnlich bei verwandten Elementen, und um so komplizierter, je grösser das Atomgewicht ist. Von diesem inneren Bau haben wir in den Spektren die Abspiegelung. Die drei Reihen Doppel- und Natriumlinien müssen von analogen Eigenschaften der Atome dieser Metalle herrühren; die Hunderte von Linien im Eisenpektrum legen uns den Gedanken an eine Organisation, wenn ich es so nennen darf, nahe, die viel höher als die des Wasserstoffs, Kaliums und Natriums ist.

Die Ausführungen, die ich mir erlaube habe Ihnen vorzutragen, machen keinen Anspruch auf Vollständigkeit; auch habe ich Ihnen nicht durch eine historische Übersicht zeigen wollen, wie sich die Gedanken über den Zusammenhang

zwischen den elektrischen Wirkungen und anderen Erscheinungen allmählich entwickelt haben.

Wie alles sich zum Ganzen webt,
Eins in dem andern wirkt und lebt,

das haben alle grossen Forscher tief unter der Oberfläche der Dinge schauen wollen und manchmal instinktiv gefühlt. Hören Sie Berzelius in seinem „Versuch über die Theorie der chemischen Proportionen und über die chemischen Wirkungen der Elektrizität“ von 1814. „Bei dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse,“ so sagt er, „ist die wahrscheinlichste Erklärung des Verbrennens und des dabei entstehenden Feuers die: dass bei jeder chemischen Vereinigung eine Neutralisation entgegengesetzter Elektrizitäten vor sich geht, und dass bei dieser Neutralisierung das Feuer ganz auf dieselbe Weise entsteht, wie es bei Entladung der elektrischen Flasche, der elektrischen Säule und der Gewitterwolke hervorgebracht wird.“

Vermessen scheinen uns die Worte, und wir begreifen kaum, wie Berzelius sie hat aussprechen dürfen, und doch, wer weiss, ob man sie nicht buchstäblich unterschreiben kann? Es ist wahr, die elektrochemische Theorie, welche der grosse Naturforscher aufstellte, konnte nur während einiger Jahrzehnte die Chemie in ihrer Entwicklung leiten. Aber, als sie anderen Auffassungen das Feld räumen musste, da hatten schon die Entdeckungen von Faraday über die Zerlegung von Salzen durch den galvanischen Strom den unumstösslichen Beweis für den innigen Zusammenhang zwischen Elektrizität und chemischen Kräften geliefert, wenn auch in anderer Form, als sich das Berzelius vorgestellt hatte. In den Salzlösungen sind die Atome, welche der Strom von einander trennen wird, mit elektrischen Ladungen ausgestattet, und es existiert somit jedenfalls eine Klasse von Verbindungen, in denen die aneinander geketteten Bestandteile die Träger von positiven und negativen Ladungen sein müssen, und zwar so, dass jeder Valenz stets eine Ladung von einem ganz bestimmten Betrage entspricht. Dehnen sie dies auf alle chemischen Verbindungen aus — Helmholtz sprach diesen Gedanken in seiner Gedächtnisrede auf Faraday 1881 aus —, und wir sind nicht mehr weit von Berzelius entfernt. Übrigens sind, wenn ich mich nicht täusche, seine Ideen nie ganz verlassen worden. Dass zwischen sich mit einander verbindenden Elementen ein gewisser Gegensatz besteht, hat man noch lange mit den Worten elektropositiv und elektro-negativ angedeutet; und die Thatsache der Sättigung, ich meine, dass zwei Atome, die sich nicht einander verbunden haben, ein drittes nicht mit verdoppelter Kraft anziehen, sondern gegen dasselbe indifferent geworden sind, legt den Gedanken an so etwas wie eine Neutralisierung entgegengesetzter Eigenschaften nahe.

Vielleicht wird noch einmal eine elektrochemische Theorie in verjüngter Form und begründet auf eine hundertmal reichere Erfahrung, als sie Berzelius zu Gebote stand, aufs neue eine Richtschnur für chemische Untersuchungen werden.

Inzwischen setzen die Physiker ihre Entdeckungsfahrten in der Welt der Ionen fort. Sie wagen sich, und zwar nicht ohne Erfolg, an Spekulationen über das Verhältnis zwischen den grossen Ionen, ganzen Atomen oder Atomgruppen von Faraday und den kleinen Ionen, Bruchteilen eines Atoms, die bei den Lichterscheinungen im Spiele sind. Sie glauben diese letzteren zwischen anderen in den elektrischen Entladungserscheinungen wieder zu erkennen, und bestimmen die Geschwindigkeit, mit der sie in den Kathodenstrahlen fortfliegen. Und, wie uns die Ionentheorie näher zu Berzelius gebracht hat, so lässt sie auch wieder alte Ideen von Wilhelm Weber aufleben, und führt zu Versuchen, um den Mechanismus der Wärme- und Elektrizitätsleitung in Metallen und den Einfluss von magnetischen Kräften auf diese Erscheinungen zu ergründen.

Sind auch die auf äusserst kleine Abstände wirkenden Molekularkräfte und die Schwerkraft oder die allgemeine Anziehungskraft, welche die Körper nach der Erde fallen lässt und das Planetensystem in Ordnung hält, elektromagnetischen Ursprungs? Was die ersteren anbetrifft, so liegen einige Gründe, welche zu Gunsten dieser Annahme sprechen, vor. Gewisse Erscheinungen, die mit der Aberration des Lichts in Zusammenhang stehen, scheinen zu beweisen, dass die Intensität der molekularen Kräfte eine kleine Veränderung erfährt, wenn ein Körper sich durch den Äther hin fortbewegt, und zwar von einem Betrage, der durch das Verhältnis zwischen der Geschwindigkeit der Bewegung und der, womit sich elektromagnetische Gleichgewichtstörungen fortpflanzen, bestimmt wird. Dass diese letztere Geschwindigkeit hier in Frage kommt, kann man nur begreifen, wenn man sich vorstellt, dass der Äther bei den molekularen Wirkungen in ähnlicher Weise beteiligt ist, wie bei den elektrischen und magnetischen Erscheinungen.

Über die Schwerkraft will ich nur eins bemerken. Die Thatsache, mit der wir auf den Schulbänken unsere Physik begannen, nämlich dass alle Körper im luftleeren Raum gleich schnell fallen, ist einer der deutlichsten Zeichen für die Gleichheit der fundamentalen Eigenschaften, der Einheit aller wägbaren Materie; sie wird erst dann verstanden werden können, wenn man sich von dem Wesen der Materie eine nähere Vorstellung gebildet hat. Hier giebt es nur zwei Möglichkeiten. Entweder sind die positiven und negativen Ladungen, welche die elektromagneti-

sche Theorie in den Atomen voraussetzt, nur etwas unwesentliches ohne welches man sich die Materie ganz gut vorstellen kann; dann werden zwei Teilchen des ponderablen Stoffes sich gegenseitig anziehen können in einer Weise, die mit den zwischen den Ladungen wirkenden Kräften nichts gemein hat. Oder aber die elektrischen Ladungen sind untrennbare Attribute des wägbaren Stoffes; in diesem Fall kann auch die Schwerkraft nicht als etwas ganz Fremdes den elektromagnetischen Kräften gegenüber stehen.

Vorläufig stösst eine elektromagnetische Auffassung der allgemeinen Anziehungskraft auf die grosse Schwierigkeit, dass, soweit wir wissen, alle elektromagnetischen Wirkungen sich mit der Geschwindigkeit des Lichts fortpflanzen, während die astronomischen Erscheinungen lehren, dass, wenn überhaupt von einer nicht augenblicklichen Wirkung der Schwerkraft die Rede sein kann, ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit jedenfalls als viel grösser als die des Lichtes vorausgesetzt werden muss.

Wir stehen hier, wie in so manchen anderen Fällen, vor schwierigen und für den Augenblick unlösbaren Problemen. Dass spätere, mit ausgedehnteren Kenntnissen und mit entwickelterem Denkvermögen, als uns zuteil geworden ist, ausgestattete Geschlechter der Enträtselung näher kommen werden, daran brauchen wir nicht zu zweifeln, wenn wir auch augenblicklich nicht wissen, welche Gestalt die Theorien dann angenommen haben werden und was von den Hypothesen übrig geblieben sein wird, in denen wir jetzt befriedigende Ruhepunkte für unseren Geist finden.

Auch an der Bedeutung der Theorie für spätere Geschlechter dürfen wir nicht zweifeln. Eine nicht

unabsehbar weite Zukunft wird ganz andere Verhältnisse bringen, als diejenigen sind, in denen wir augenblicklich leben. Mit gieriger Hand, als ob der Schatz unerschöpflich wäre, hat das 19. Jahrhundert aus dem Energievorrat geschöpft, welchen die Natur uns zur Verfügung gestellt hat. Unbegrenzt ist der Reichtum jedoch keineswegs. Es ist kaum denkbar, dass noch viele Jahrhunderte verlaufen werden, bis die Steinkohlenlager in allen Teilen der Erdkugel aufgespürt und in Arbeit genommen sind, und früher oder später kommt die Zeit, wo die Erschöpfung der Minen und das Bedürfnis nach anderen Quellen der Energie ernste Fragen für die Menschheit sein werden. Was dann auch ferner geschehen möge, wir dürfen glauben, dass eine tiefe und klare Einsicht in die ihn umgebende Welt dem Menschen in späteren Zeiten mehr als je nötig sein wird.

Aber nur für einen Augenblick wollen wir unser Auge in die dunkle Zukunft schweifen lassen; es giebt in der Gegenwart noch genug, was unsere Hand zu thun findet. Schön ist es, Wahrheit zu suchen, Wissenschaft zu verbreiten und, wenn es sein kann, zu vermehren. Wir älteren, die wir einer längeren oder kürzeren Teil unseres Lebens dem Dienste der Hochschule haben widmen dürfen, wertschätzen uns glücklich, dass uns diese Pflicht auferlegt ist. Und an diesem ihrem Festtage wollen wir der Universität danken für die Erweiterung unseres Gesichtskreises, für die Unterstützung unserer Bestrebungen, für die Ermutigung und Anregung zur Arbeit, die sie uns geschenkt hat.

(Aus dem Holländischen übersetzt von G. C. Schmidt, Eberswalde.)