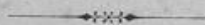


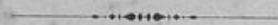
Was ist Elektrizität?

Von

Ernst Haas, Oberlehrer.



Beilage zum XXVIII. Jahresbericht des städtischen Gymnasiums
zu Kattowitz.



1899. Progr.-No. 199.



KATTOWITZ.
Buch- und Kunstdruckerei von G. Siwinna.
1899.

9ka
21 (1899)

199.5





Was ist Elektrizität.

Bei dem Bestreben die Naturerscheinungen zu begreifen, d. h. die Gesetze aufzufinden, welche den Erscheinungen zu Grunde liegen, kam der menschliche Geist zunächst zu einer Reihe allgemeiner Begriffe, durch welche er die unmittelbaren Ursachen der einzelnen Erscheinungen bezeichnete. Zu ihnen gehören Licht, Wärme, Elektrizität, Magnetismus u. s. w. Mit der Bezeichnung dieser Ursachen aber war dem wissenschaftlichen Bedürfnis des menschlichen Geistes und seinem Verlangen, die Herrschaft über die Naturkräfte zu gewinnen, nicht Genüge gethan. Er forderte einen geistig fassbaren Zusammenhang der Kenntnisse; dazu aber ist es erforderlich zu wissen, worin diese Ursachen bestehen, was Licht, Wärme, Elektrizität, Magnetismus u. s. w. sind. Wenn wir nun auch bei dem heutigen Standpunkte der Naturwissenschaften noch weit davon entfernt sind, auch nur eine annähernd genaue Antwort auf diese Fragen geben zu können, so scheint es doch der Wissenschaft nach Irrfahrten, welche sich auf Jahrhunderte erstrecken, in den letzten Jahrzehnten gelungen zu sein, den richtigen Weg zum Ziele gefunden zu haben. Dieser Fortschritt besteht in der Erkenntnis, dass die genannten Ursachen nicht Kräfte sind, die von besonderen Stoffen ausgehen, sondern auf Bewegungserscheinungen eines den ganzen Weltenraum erfüllenden Mediums, des Aethers zurückzuführen sind. Es ist der Zweck dieser Arbeit in knappen Zügen ein möglichst getreues Bild davon zu entwerfen, wie man Betreffs der Elektrizität allmählig zu dieser Auffassung gekommen ist. Da dabei oft angeknüpft wird an Erkenntnisse, welche man bezüglich der Fragen: „Was ist Wärme, was ist Licht?“ schon früher gemacht hatte, so sollen diese des bessern Verständnisses wegen hier kurz vorangeschickt werden.

Lange Zeit hindurch hielt man die Wärme für eine Art Stoff, für ein feines Fluidum, das in den Zwischenräumen der kleinsten Körperteilchen aufgehäuft sei. Man definierte sie als diejenige Substanz, deren Eintritt in unseren Körper das Gefühl der Wärme, deren Austritt das Gefühl der Kälte im Menschen erregt. Auch glaubte man von diesem Stoff, dass er sich mit anderen Körpern verbände, so wie eine wägbare Substanz mit der anderen.

Eine grosse Schwierigkeit bot den Anfängern dieser Theorie die Entwicklung von Wärme durch Reibung, Stoss oder Druck. Sie glaubten sich dadurch helfen zu können, dass sie annahmen, jede Substanz besitze in höherem oder niedrigerem Grade die Fähigkeit, die Wärme aufzuspeichern zu können; sie meinten z. B. beim Druck würden die Vorratsräume zwischen den einzelnen Körperteilchen vermindert, wodurch ein Teil der früher verborgenen Wärme zum Vorschein käme. Aehnlich wurde die Erzeugung der Wärme durch Reibung und Stoss erklärt. Nach dieser Auffassung konnte neue Wärme nicht erzeugt werden. Die Menge der Wärme sollte ebenso unveränderlich sein, wie die Menge der wägbaren Substanzen. Durch mechanische oder chemische Kräfte

sollte dieselbe nur irgendwo angesammelt oder aus ihren Schlupfwinkeln zu Tage gefördert werden können. Die Beobachtung gewisser Wärmeerscheinungen führte den denkenden Geist jedoch zu der Ueberzeugung, dass die Wärme kein Stoff sein kann, sondern eine bestimmte Art von Bewegung sein muss. Wenn ein Hammer auf einen Gegenstand herabfällt, so wird zwar die niederfallende Bewegung unterbrochen aber nicht zerstört. Die Bewegung teilt sich dem einzelnen kleinsten Teilchen, den sogenannten Molekülen und Atomen des getroffenen Körpers mit und giebt sich den dazu geeigneten Nerven als Wärme kund. Nach dieser Theorie der sogenannten dynamischen oder mechanischen Wärmetheorie ist also die Wärme kein Stoff, sondern eine Bewegung der kleinsten Teilchen der Körper. Hält man das eine Ende eines Eisenstabes ins Feuer, so geraten die Teilchen, welche mit dem Feuer in Berührung kommen in einen Zustand intensiver Schwingungen. Die schwingenden Moleküle prallen gegen ihre Nachbarn an, diese wieder gegen die zunächst liegenden und sofort bis zum anderen Ende des Stabes. Wenn man dasselbe jetzt berührt, teilt sich die Bewegung den Nerven mit, und man hat die Empfindung, dass das Ende eine höhere Temperatur besitzt als vorher. Diese Art der Uebertragung der Wärme nennt man Wärmeleitung.

Die verschiedenen Substanzen besitzen das Vermögen, die Molekularbewegung mitzuteilen oder die Wärme zu leiten, in verschiedenem Grade. Diejenigen Körper, welche die Bewegung rasch fortleiten, nennt man gute Wärmeleiter; jedoch auch diese unterscheiden sich wesentlich untereinander, ebenso wie die schlechten Leiter, welche die Bewegung nur langsam übertragen. Der Grund dieser Verschiedenheit liegt im Wesen der Materie, über welche wir aber so gut wie nichts wissen.

Ein Körper kühlt sich ab, wenn seine Molekularbewegung abnimmt, wenn sie auf Substanzen, welche mit ihm in Berührung stehen, übertragen wird. Es kühlt sich aber auch ein Körper ab, wenn er sich in einem luftleeren d. h. in einem von greifbarer Materie freien Raume befindet; wem teilt sich aber hier die Bewegung mit? Zur Erklärung dieser Thatsache nimmt man einen feinen den ganzen Weltenraum erfüllenden Stoff an, welcher so fein ist, dass er sich zwischen den kleinsten Teilchen eines jeden Körpers ähnlich zu bewegen vermag, wie die Luft durch das Laubwerk eines Baumes; dieser Stoff führt den Namen Aether. Man stellt sich nun vor, dass die Schwingungen der Teilchen eines warmen Körpers sich diesem Aether mitteilen und sich hier mit einer Geschwindigkeit von 300 000 klm in der Sek. fortpflanzen. Das Gefühl der Wärme, welches wir empfinden, wenn wir uns an einem kalten Tage zum Feuer wenden und die erstarrten Hände seiner Einwirkung aussetzen, verdanken wir dem Anprall der Aetherschwingungen auf die Haut. Diese setzen die Nerven in Bewegung und die Empfindung, welche dieser Bewegung entspricht, nennen wir Wärme. Die auf die angegebene Weise durch den Aether fortgepflanzte Wärme nennt man strahlende Wärme.

Das Licht hielt man eine Zeit lang ebenfalls für einen feinen Stoff, welcher von den leuchtenden Körpern ausgeschleudert würde. Der Begründer dieser Theorie war der berühmte Engländer Sir Isaac Newton. Huyghens, der Zeitgenosse Newtons konnte sich nicht in den Gedanken einer solchen Kanonade von Lichtteilchen finden, bei der dieselben mit unglaublicher Schnelligkeit durch den Raum flögen und sich gegenseitig nicht stören sollten. Er war der Meinung, dass die Empfindung des Lichtes ähnlich wie die des Schalles durch Schwingungen hervorgerufen würde. Derselben Ansicht war Euler. Die Autorität Newtons bewirkte jedoch, dass die Ansicht dieser Männer in der Wissenschaft keinen Glauben fand. Die unsterbliche Ehre, sich von dem allzugrossen Autoritätsglauben befreit und auf einer sicheren Grundlage die Theorie der Schwingungen aufgebaut zu haben, gebührt dem Engländer Thomas Young († 1829) und dem Franzosen Augustin Fresnel († 1827). Nach ihrer jetzt allgemein angenommenen Theorie besteht das

Licht in einer Schwingungsbewegung der einzelnen Teilchen des leuchtenden Körpers. Diese Schwingungen rufen im Aether eine der Wellenbewegung im Wasser ähnliche Bewegung hervor, welche durch die Pupille in das Innere des Auges eintritt, dort die Enden des Sehnerven in Schwingungen verzetzt und durch die Nerven zum Gehirn weiter fortgepflanzt wird, um sich hier dem Bewusstsein als Licht anzukünden.

Der Art nach ist die Bewegung, mit der sich Wärme und Licht im Aether fortpflanzen genau dieselbe. Bei beiden findet sie statt in Gestalt von Transversalwellen. Derartige Wellen kann man z. B. an der Oberfläche des Wassers beobachten, wenn ein Stein hineingeworfen wird. Jedes Wasserteilchen bewegt sich vertical auf und nieder, aber die ganze Bewegung an sich schreitet an der Oberfläche des Wassers entlang fort. Die schwingende Bewegung jedes Wasserteilchens ist also senkrecht zu den Richtungen, in denen die Wellenbewegung fortschreitet, daher nennt man sie Transversalschwingungen. Eben dasselbe findet statt, wenn irgendwo im Raume ein Streichholz angezündet wird. Von der Flamme aus wird der Aether in schwingende Bewegung versetzt und diese Bewegung schreitet nach allen Richtungen fort, jedoch so dass die Bewegung jedes Aethertheilchens nicht in der Richtung der Fortpflanzung, sondern senkrecht dazu stattfindet. Aber nicht alle Aetherwellen sind imstande in unserem Auge die Empfindung des Lichtes wach zu rufen. Nur solche empfinden wir als Licht, deren Wellenlänge zwischen 4 und $7\frac{1}{2}$ Zehntausendsteln eines Millimeters liegen. Längere Wellen, bis zu 8 und 9 Tausendsteln eines Millimeters wirken noch erwärmend.

Die Art, Geschwindigkeit und Länge, kurz die geometrischen Verhältnisse dieser die Empfindungen des Lichtes und der Wärme hervorrufenden Aetherwellen sind genau bekannt. An diesen Dingen ist ein Zweifel nicht mehr möglich; eine Widerlegung dieser Anschauungen ist für den Physiker undenkbar. Die Wellentheorie ist Gewissheit, und was aus derselben mit Notwendigkeit folgt ist ebenfalls Gewissheit. Es ist also auch gewiss, dass aller Raum, von dem wir Kunde haben, nicht leer ist, sondern angefüllt ist mit einem feinen Stoff, in welchem sich eine Bewegung mit so grosser Geschwindigkeit wie die des Lichtes und der Wärme fortpflanzen kann. Aber so bestimmt auch unsere Kenntnisse von den geometrischen Verhältnissen der Vorgänge in diesem Stoffe sind, so unklar sind noch unsere Vorstellungen von der physikalischen Natur, so widerspruchsvoll zum Teil unsere Annahme über die Eigenschaften des Stoffes selbst. Von vornherein hatte man die Wellen der Wärme und des Lichtes als elastische Wellen angesehen und behandelt. Nun sind aber elastische Wellen in gasförmigen Körpern nur in Gestalt von Longitudinalwellen bekannt. Elastische Transversalwellen in Flüssigkeiten sind nicht bekannt, sie sind nicht einmal möglich, weil sie der Natur des flüssigen Zustandes widersprechen. Also war man zu der Behauptung gezwungen, der Aether verhalte sich wie ein fester Körper. Betrachtete man dann aber den ungestörten Verlauf der Gestirne und suchte sich Rechenschaft von der Möglichkeit desselben zu geben, so war wiederum die Behauptung nicht zu umgehen, der Aether verhalte sich, wie eine vollkommene Flüssigkeit. Neben einander bildeten beide Behauptungen einen für den Verstand schmerzhaften Widerspruch, welcher die schon entwickelte Lehre der Wärme und des Lichtes entstellte.

Trotz dieser Widersprüche betreffs des Mediums, in welchem die Wellenbewegung der Wärme und des Lichtes stattfindet, gehört der Nachweis, dass Licht und Wärme nicht besondere Stoffe, sondern ein Bewegungszustand sind, zu den bedeutensten Errungenschaften der Physik. Nachdem diese Erkenntniss unter den Physikern feste Wurzeln gefasst hatte, kam man bald zu der Vermutung, dass auch die beiden Naturkräfte Elektrizität und Magnetismus nicht Stoffe, sondern wie Licht und Wärme Bewegungszustände sein müssten. Diese Vermutung hat sich bis jetzt insofern bestätigt, als man eine Wellenbewegung im Aether nachgewiesen hat, welche elektrische und magnetische Wir-

kungen hervorzurufen vermag. Die geometrische Verwandtschaft dieser Wellenbewegung mit der des Lichtes und der Wärme lassen die Schlussfolgerung ziehen, dass diese Bewegungen identisch sind. Zur Erklärung der wellenförmigen Fortpflanzung der elektrischen Kraft ist es aber nicht erforderlich, sich den Aether als einen festen elastischen Körper vorzustellen; wie wir später sehen werden, erklären sich die elektrischen Transversalwellen auf andere Weise, insofern sind mit dem Nachweis elektrischer Wellen die Widersprüche über den Aether beseitigt und damit seine Annahme wieder begründeter. Welches ist nun der Gang der Entdeckungsgeschichte dieser Wellen elektrischer Kraft?

Die Grundlage für unsere gesamte Kenntnis der Elektrizität ist die den alten Griechen schon bekannte Erscheinung, dass ein Stück Bernstein, wenn es mit Tuch gerieben wird, die Eigenschaft erhält, leichten Körperchen eine solche Bewegung zu erteilen, als ob sie von dem Bernstein angezogen würden; diesen Zustand des Bernsteins, nennt man den elektrischen. Ebenso wie Bernstein werden alle anderen Körper durch Reiben elektrisch. Dieser Zustand eines geriebenen Körpers kann durch Berührung ändern nicht geriebenen Körpern mitgeteilt werden. Bei der näheren Untersuchung fand man, dass ein Unterschied in dem elektrischen Zustande der einzelnen Körper vorhanden sein müsse. Teilt man nämlich einem an einem Seidenfaden aufgehängten Hollundermarkkugeln Elektrizität eines mit Wolle geriebenen Stück Bernsteins mit, so bewegt es sich nach der Berührung, so als ob es von diesem abgestossen würde, während es sich zu einem mit Wolle geriebenen Glasstabe so hinbewegt, als ob es von ihm angezogen würde. Berührt man dagegen das unelektrische Hollundermarkkugeln zuerst mit dem geriebenen Glasstabe, so scheint es von diesem abgestossen, dagegen von dem geriebenen Bernsteinkörper angezogen zu werden. Die einzelnen Körper erhalten nun durch Reibung entweder den elektrischen Zustand des Bernsteins oder den des Glases. Man drückt diese Erfahrungsthatfache dadurch aus, dass man die Körper, welche denselben elektrischen Zustand wie Bernstein besitzen, negativ, die anderen positiv elektrisch nennt.

Die Thatfache, welche bezüglich ihrer Anziehung und Abstossung angeführt wurde, fasst man kurz zusammen in dem Gesetz: Gleichnamig elektrisierte Körper stossen einander ab, ungleichnamig elektrisierte ziehen einander an.

Hält man einen geriebenen Glasstab in die Nähe eines Metallstabes ohne ihn zu berühren, so wird das zugekehrte Ende des Metallstabes negativ, das abgewandte positiv elektrisch und umgekehrt, wenn man sich mit einem geriebenen Stück Bernstein nähert. So wie man den geriebenen Körper entfernt, verschwinden die Elektrizitäten auf dem Metallstabe. Man bezeichnet diese Einwirkung eines elektrischen auf einen unelektrischen Körper mit dem Namen elektrische Influenz.

Es waren dies die wesentlichsten elektrischen Erscheinungen, welche man kannte, als man anfang Rückschlüsse von den Thatfachen auf die Ursachen zu ziehen, Vermutungen und Ahnungen in Bezug auf etwas aufzustellen, was hinter den Thatfachen läge und woraus diese in notwendiger Folge entspringen.

Ebenso wie man sich eine geraume Zeit hindurch Licht und Wärme als besondere Stoffe vorstellte, so schrieb man auch die oben angeführten elektrischen Erscheinungen bestimmten Stoffen zu. Es standen sich zuerst 2 Hypothesen gegenüber. Nach der einen von Aepinus und Franklin aufgestellten, wurden die elektrischen Erscheinungen durch die Annahme eines gewichtslosen, feinen, sehr ausdehnbaren Fluidums erklärt, welches in unelektrischen Körpern in einer bestimmten normalen Menge vorhanden sein sollte, während ein Ueberschuss oder Mangel desselben den positiven oder negativen elektrischen Zustand bedinge. Diese sogenannte unitarische Hypothese fand wenig Anklang unter den Physikern; zur Herrschaft über die Vorstellungen gelangte die von Symmer 1759 aufgestellte, welche in der Annahme zweier elektrischer Fluida eines positiven und

eines negativen besteht. Nach derselben ist ein Körper unelektrisch, wenn beide in ihm in gleicher Menge vorhanden sind, so dass sie sich in ihren Wirkungen aufheben. Ein Körper erscheint positiv oder negativ elektrisch, je nachdem das eine oder das andere Fluidum im Ueberschuss vorhanden ist. Die Teilchen jedes der beiden Fluida stossen einander ab, dagegen findet zwischen den Teilchen des positiven und denen des negativen Fluidums Anziehung statt, indem sie sich zu vereinigen und zu neutralisiren streben. Beim Reiben wird die neutrale Elektrizität in positive und negative zerlegt und zwar so, dass der eine von ihnen nach der Reibung positive und der andere negative Elektrizität besitzt. Die Trennung der beiden Elektrizitäten kann ebenfalls durch Annäherung eines schon elektrischen Körpers bewirkt werden, wodurch sich die Influenzerscheinung erklärt.

Trotzdem man gleich von vornherein auf den vernichtenden Widerspruch stiess, dass die elektrischen Fluida in jedem Körper in unendlicher nicht zu verringender Menge vorhanden sein müssen, dass sich nicht die geringste Abnahme des elektrischen Zustandes zeigte, so oft man einen Körper elektrisch machen und ihm Elektrizität entziehen mochte, hat diese Anschauung mehr wie ein Jahrhundert hindurch ihre Herrschaft behauptet. Auch heute noch liegt den meisten Bezeichnungen der elektrischen Erscheinungen die Vorstellung der beiden stofflich gedachten Elektrizitäten zu Grunde. Wir sprechen von elektrischer Ladung, Elektrizitätsmenge, Dichtigkeit der Elektrizität, elektrischem Strom u. s. w.

Diesen Stoffen schrieb man Kräfte zu mit Eigenschaften die dem Reich der Geister angehören, für einen gesunden Verstand, der nicht zum Spiritismus neigt, jedoch unerfasslich sind. Die Wirkung, welche ein elektrischer Körper auf einen anderen räumlich von ihm getrennten Körper ausübte, sollte zu ihrer Ausbreitung keinen Vermittler und keine Zeit erfordern. In demselben Augenblick, wo ein Körper elektrisch erregt wurde, sollten seine Wirkungen auch schon an einer anderen Stelle des Weltenraumes verspürt werden können.

So sehr diese Vorstellungen gewichtsloser jeden kleinsten Körper in unendlicher Menge durchdringenden Stoffes dem natürlichen Denken widersprachen, so genügten sie doch um die zuerst beobachteten Erscheinungen der elektrischen Anziehung und Influenz zu erklären. Es kam der Theorie aber noch ein anderer Umstand zu Hülfe. Im Jahre 1785 hatte *Coulomb* nachgewiesen, dass die elektrischen Anziehungen demselben Gesetze folgten wie die Wirkungen der Schwere, dieses Gesetz lautet: Die Kraft, welche zwei kleine elektrisierte Körper aufeinander ausüben, ist proportional ihren Elektrizitätsmengen und umgekehrt proportional dem Quadrate ihrer Entfernungen. Um diese Zeit aber feierte das Gesetz von der Schwere seine schönsten Triumphe am Himmel. Da es den Geistern geläufig war, sich die Schwere als eine unvermittelte Fernkraft, das ist eine Kraft, welche sich momentan auf beliebige Entfernungen fortpflanzt, vorzustellen, so war es sehr natürlich, wenn man glaubte, durch die Annahme einer ähnlichen Fernwirkung habe man die elektrischen Erscheinungen auf ihre letzten Ursachen zurückgeführt.

Das *Coulomb'sche* Gesetz sollte sich aber bald als nicht ausreichend zur Erklärung aller elektrischer Erscheinungen erweisen. Bis zum Jahre 1789 kannte man keine andere Methode zur Erzeugung von Elektrizität als durch Reibung. Zwar konnte man mit einem einmal elektrisierten Körper von neuem durch Influenz Elektrizität entwickeln, aber immer musste man zuerst einen elektrisierten Körper dazu haben und dieser liess sich nicht anders als durch Reibung herstellen. In dem genannten Jahre 1789 deckte *Volta* durch eine zufällige Beobachtung *Galvani's* veranlasst eine neue Methode auf zur Erregung von Elektrizität, durch welche die Kenntnis von den elektrischen Wirkungen in kurzer Zeit ausserordentlich erweitert wurden. *Volta* fand, wie durch chemische Wirkungen kontinuierliche elektrische Ströme in Drähten hervorgerufen werden können.

Die Gesetze, welche sich auf die Stromstärke, die chemischen Wirkungen und Wärmewirkungen beziehen, lassen sich noch bis zu einem gewissen Grade, aus dem Coulomb'schen Gesetz und den daraus sich ergebenden Bewegungsgesetzen ableiten, wenn man noch bestimmte Annahmen über die Entstehung des elektrischen Stromes hinzunimmt. *Weber* nimmt z. B. zu diesem Zwecke zwei gleiche aber nebeneinander im Schliessungskreise in entgegengesetzter Richtung fließende Ströme von positiver und negativer Elektrizität an, welche in Kanälen strömen, die zwischen den ponderablen Molekülen der Körper in grösserer oder geringerer Weite liegen. Durch die beständig wirkende elektromotorische Kraft, d. h. die Kraft, welche die Elektrizität im Leiter hervorruft, würden diese bewegten Elektrizitäten immer grössere Geschwindigkeit erhalten, wenn sie auf ihrem Wege keine Verzögerung erlitten. Diese Verzögerung sucht *Weber* in der Anziehung der entgegengesetzten elektrischen Massen. Er stellt sich dieselben gewissermassen als aus einzelnen diskreten Atomen vor, welche in bestimmten Intervallen sich hintereinander fortbewegen. Kommt nun ein positiv und ein negativ elektrisches Atom bei ihrer entgegengesetzten Bewegung einander nahe, so ziehen sie sich an und beschreiben um ein gemeinsames Centrum spiralförmige Kurven, die durch die beständig in der ursprünglichen Bewegungsrichtung erfolgenden Anstösse durch die elektromotorische Kraft im Sinne jener Richtung immer mehr in die Länge gezogen werden. So kommen die elektrischen Teilchen in die Wirkungssphäre der folgenden Teilchen, rotieren nun wieder mit diesem um ein gemeinsames Centrum u. s. f. Würde nun die elektromotorische Kraft aufhören zu wirken, so behielten die elektrischen Atome, welche gerade einander nahe ständen, ihre Rotation um einander bei, und der galvanische Strom, welcher in einer Fortbewegung der elektrischen Atome bestände, hörte auf.

Die elektrischen Ströme führten 1820 *Oersted* zur Entdeckung der Einwirkung der Elektrizität auf die Magnetnadel. Er beobachtete, dass ein starker Strom, welcher in der Nähe einer um eine Axe drehbaren Magnetnadel vorübergeführt wird, die Nadel aus der Ruhelage ablenkt. Die Ablenkung ist verschieden, je nachdem ein und derselbe Strom über oder unter der Nadel fliesst, oder je nach der Richtung des unter oder über der Nadel verlaufenden Stromes. *Oersted* gab als Regel zur Bestimmung der Ablenkung an, dass derjenige Pol, über welchem derselbe eintritt nach Osten abgelenkt wird.

Die Beobachtung *Oersted's* brachte *Ampère* 1823 auf die Vermutung, dass eine innige Beziehung zwischen den galvanischen Strömen und dem Magnetismus bestehe und dass ähnliche mechanische Wirkungen wie zwischen Strömen und Magneten auch zwischen zwei galvanischen Strömen vorhanden sein müssten. Dieser Gedanke zeigte sich bestätigt, es zeigte sich, dass ein jedes Stück eines galvanischen Stromes auf ein Stück eines anderen galvanischen Stromes anziehend oder abstossend wirkt, je nach der gegenseitigen Richtung, in welcher die Ströme in den beiden Stromstücken fließen. Die Lehre von der Wirkung galvanischer Ströme aufeinander führt den Namen Elektrodynamik. Ihre wesentlichsten Thatsachen kann man in folgenden Sätzen zusammenfassen: 1. Zwei parallele gleichgerichtete Ströme ziehen einander an, zwei parallele, in entgegengesetzter Richtung fließende Ströme stossen einander ab.

2. Zwei gekreuzte Ströme suchen sich in jedem Falle so zu stellen, dass sie parallel werden und der Strom in ihnen nach derselben Richtung fliesst.

3. Die Kraft zwischen zwei geschlossenen Stromkreisen hängt immer ab von dem Produkt der Stromstärken in ihnen, sie ist unter fast gleichen Umständen um so grösser je grösser dieses Produkt ist.

Im Jahre 1831 machte *Michael Faraday* noch eine weitere Entdeckung, die für die Entwicklung unserer Kenntnis von der Elektrizität von der grössten Bedeutung war, nämlich die

sogenannte Induktion. Er knüpfte an die Erscheinungen der Influenz, wonach die blosse Anwesenheit eines elektrischen Körpers genügt, um einen vorher unelektrischen Körper elektrisch zu machen. Er vermutete, dass auch durch einen Strom, der in einem Leiter fliesst, in einem anderen in der Nähe befindlichen geschlossenen Leiter ein elektrischer Strom erregt werde. Durch geschickt angestellte Versuche fand er folgende Resultate:

1. Immer, wenn ein elektrischer Strom geöffnet oder geschlossen wird, entsteht in einem benachbarten geschlossenen Leiter ein momentaner Strom und zwar hat dieser, der sogenannte Induktionsstrom beim Schliessen die entgegengesetzte, beim Oeffnen die gleiche Richtung wie der primäre Strom.

2. Jede Schwächung des primären Stromes ruft im benachbarten geschlossenen Stromkreis einen dem ersteren gleichgerichteten jede Verstärkung einen entgegengesetztgerichteten Strom hervor.

Zur Erklärung dieser Induktions- und elektrodynamischen Erscheinungen war das Coulomb'sche Gesetz auch mit Hilfe der von Weber aufgestellten Hypothese über den elektrischen Doppelstrom nicht ausreichend. Man hielt an der Anschauung von den beiden Flüssigkeiten fest und glaubte das Coulomb'sche Gesetz zur weiteren Erklärung dadurch brauchbar machen zu können, dass man zu jenem Gesetz noch die Bedingungen hinzuzufügen suchte, durch welche sich der galvanische Strom von den elektrischen Erscheinungen unterscheidet, nämlich den Einfluss der Bewegung der Elektrizität, d. h. ihrer Geschwindigkeit und der Aenderungen derselben. Der wichtigste Versuch dieser Art ist das berühmte Weber'sche Gesetz. Nach demselben hängt die Wirkung zweier Elektrizitätsmengen von ihrer Grösse, ihrer Entfernung, ihrer relativen Geschwindigkeit und ihrer relativen Beschleunigung ab. Aus diesem Gesetz lassen sich sowohl alle von Ampere beobachteten Anziehungen und Abstossungen zweier elektrischer Ströme begründen als auch ein Induktionsgesetz ableiten, welches für alle bis dahin durch das Experiment zu verfolgenden Fälle zu ganz denselben Resultaten führte, wie das von F. E. Neumann unmittelbar aus der Erfahrung abgeleitete Gesetz.

Helmholtz hat das Weber'sche Gesetz dahin geprüft, ob es den allgemein als richtig anerkannten Naturgesetzen, wie namentlich dem Princip von der Erhaltung der Energie in allen Beziehungen entspräche; es haben sich dabei eine Reihe von Widersprüchen ergeben, welche die allgemeine Richtigkeit dieses Gesetzes als zweifelhaft erscheinen lassen. Wo steckte der Fehler? Die Voraussetzung der ganzen Theorie bestand in der Annahme, dass es zwei entgegengesetzte Elektrizitäten gäbe, welche Fernkräfte besitzen, die bei ruhender Elektrizität dem Coulomb'schen Gesetze unterworfen sind. Als es sich zeigte, dass die Fernwirkungen der galvanischen Ströme, die elektrodynamischen und Induktionserscheinungen, nicht durch die Annahme jenes Gesetzes allein erklärt werden konnten, war es vollständig folgerichtig, zu jenem Gesetz noch die Bedingungen hinzuzufügen, durch welche der galvanische Strom sich von den elektrischen Erscheinungen unterscheidet, nämlich den Einfluss der Bewegung der Elektrizitäten. Mit derselben Folgerichtigkeit sind alle weiteren Schlussfolgerungen gezogen. Es konnte daher der Fehler nur in der Voraussetzung liegen, dass es Stoffe gäbe, welche Fernkräfte besitzen. Dasselbe gilt von allen anderen aus derselben Voraussetzung entwickelten Theorien.

Ausser diesen wurden andere Theorien ausgebaut, welche die Annahme einer Fortpflanzung der elektrischen Wirkungen von Teilchen zu Teilchen durch den Raum von einem Körper zum anderen zur Grundlage hatten, sei es, dass das Medium, welches dieses vermittelte, der Lichtäther selbst sei oder ein besonderer Stoff. Schon Gauss suchte nach einer Ableitung der elektrodynamischen Wirkungen aus der Annahme einer eine bestimmten Zeit erforderlichen Fortpflanzung der-

selben, ähnlich wie der des Lichtes.¹⁾ Es war dies wohl bis zum Jahre 1850 auf dem Kontinente der einzige diesbezügliche Versuch, der aber zu keinem Resultate führte, die anderen Physiker waren gefangen in dem Zauberkreise der von Weber entwickelten Ideen.

In England beschäftigte sich zu derselben Zeit ein Mann mit den elektrischen Erscheinungen, der denselben unbefangenen entgegentrat, der ausging, von dem, was er sah, nicht von dem, was er gehört, gelernt und gelesen hatte. Es war Faraday. Von vornherein wies dieser die Annahme zurück, dass es Elektrizitäten gebe, die für sich bestehen können und dass diese Elektrizitäten zu gleicher Zeit an zwei verschieden weit von der Kraftquelle entfernten Stellen im Raume wirken könnten. Es schien ihm undenkbar, wie die älteren Theorien annahmen, dass unmittelbare Wirkungen zwischen zwei räumlich getrennten Körpern bestehen sollten, ohne dass in den zwischenliegenden Medien irgend eine Veränderung vor sich gehe. Ueber die magnetischen Kräfte, deren innigen Zusammenhang mit den elektrischen er vollständig erkannt hatte, sagte er z. B. wörtlich: »Ich neige mehr zu der Ansicht, dass bei der Uebertragung der magnetischen Kraft ein leitendes Medium ausserhalb des Magneten mitwirkt, als dass die Wirkungen nur eine Anziehung und Abstossung in der Entfernung seien. Eine solche Veränderung könnte eine Mitwirkung des Aethers sein, denn es ist durchaus nicht unwahrscheinlich, dass, wenn es überhaupt einen Aether giebt, dieser noch eine andere Verwendung habe, als die blosse Fortführung des Lichtes. Wenn er davon spricht, dass der Magnet in gewissen Fällen „zwischen seinen eigenen Kräften umläuft“, so scheint er eine ähnliche Vorstellung zu haben. Seine ganze Lebensarbeit ging darauf hinaus, durch Versuche nachzuweisen, dass bei der Wirkung der Elektrizität zwischen zwei räumlich getrennten Körpern eine Vermittelung durch die zwischen liegenden Medien vorhanden ist und worin sie besteht. Der erste Erfolg, den er erzielte, war der Nachweis, dass elektrische Kräfte Veränderungen in Isolatoren hervorrufen, welche er dielektrische Polarisation nannte, und ferner, dass diese sehr wesentlich bei der Influenz sowohl als auch bei der Coulomb'schen Anziehung, also bei den sogenannten elektrostatischen Veränderungen mitwirken. Die Folge davon war, dass das Coulomb'sche Gesetz nicht ausreichte zur Erklärung dieser Erscheinungen, entweder musste man neue Annahmen hinzufügen, wie z. B., dass die einzelnen Moleküle eines Isolators selbst durch Influenz elektrisch werden und mitwirken — oder die Auffassung von den Fernkräften musste aufgegeben werden. Weiter sah Faraday, dass bei der Elektrisierung eines Körpers die eintretenden Aenderungen sich nicht im Innern desselben sondern nur ausserhalb bemerkbar machten, kurz er fand, dass die Wirkungen der Elektrizität, nicht aber diese selbst wahrzunehmen seien. Die elektrischen Kräfte selbst wurden ihm das Vorhandene, die Elektrizitäten wurden ihm Dinge über deren Bestehen man streiten könne.

Faraday's Ansichten über Kraft unterscheiden sich ganz und gar von den hergebrachten Ansichten der anderen Gelehrten. Die Kraft schien ihm ein Wesen, „welches längs der Linie besteht, in welcher es wirkt.“ Die Linien, in deren Richtung z. B. die Schwerkraft der Erde wirkt erschienen in seinem Geiste dargestellt wie ebensoviele elastische Spiralfedern, ja er betrachtet die angebliche Augenblicklichkeit in den Wirkungen der Schwerkraft als den Ausdruck der ungeheuren Elasticität dieser „Linien der Schwere.“ Die Ideen der Kraftlinien hatte Faraday aus der linearen Anordnung der Eisenfeilspäne, welche über einen Magnet hingestreut sind, geschöpft. Er bespricht und erläutert durch Abbildungen, wie sich die Kraftlinien bald aneinander bald auseinander drängen, wenn sie durch magnetische und diamagnetische Körper hindurchgehen. Diese Anschauungen von Concentration und Divergenz sind auch auf direkte Beobachtung von Eisenfeilspänen gegründet. Er dachte so lange über diese Linien nach und zog sie fortdauernd herbei für seine Versuche mit inducierten Strömen

¹⁾ Ganss' Werke, Bd. V S. 629 (1845 März 19.)

dass ihre Verbindung damit unlöslich wurde und er ohne dieselben nicht mehr denken konnte. Die Anwendung erwies sich als wunderbar brauchbar für alle Erklärungen elektrischer und magnetischer Erscheinungen. „Das Studium dieser Kraftlinien,“ sagte er, „hat zu verschiedenen Zeiten grossen Einfluss auf mich ausgeübt, indem es mich zu mehreren Resultaten führte, welche meines Bedenkens den Nutzen ebensowohl als die Fruchtbarkeit dieser Auffassung beweisen.“

Faraday benutzte lange Zeit hindurch die Kraftlinien nur als eine Hülfe für die Vorstellung. Er schien abgeneigt, wenigstens im Ausdruck, weiter zu gehen als zu den Linien selbst wie weit auch seine Ideen darüber hinausgehen mochten. Es ist sicher, dass er glaubte, dieselben beständen zu allen Zeiten ringsum jeden elektrischen und magnetischen Körper und zwar ganz unabhängig von der Gegenwart eines elektrischen und magnetischen Stoffes; was es jedoch wäre ob Spannungen, Wirbel, Strömungen oder was auch immer, das vermochte er nicht zu sagen, aber vorhanden waren sie und teilten ihre Erregungen von Punkt zu Punkt mit. Zur Bestätigung dieser Vermutung suchte er nachzuweisen, dass die elektrischen und magnetischen Kräfte zu ihrer Ausbreitung Zeit erfordern. Aber die Versuche gaben ihm keine Antwort mehr auf die Frage.

Der Theorie war es vorbehalten, zuerst die Vermutungen Faraday's zu bestätigen, und zwar war es ein Schüler Faraday's Maxwell, welcher diese Theorie ausarbeitete. Ebenso wie Weber und andere Physiker ging Maxwell von der beobachteten Erscheinung aus, dass bewegte Elektrizität magnetische Kräfte und bewegter Magnetismus elektrische Kräfte ausüben. Bei diesen von der Geschwindigkeit abhängenden Wechselbeziehungen trat aber beständig eine constante Grösse auf, die, wie Weber und Kohlrausch nachgewiesen hatte, mit der Geschwindigkeit übereinstimmte, mit der sich das Licht fortpflanzt. Für einen Jünger Faraday's konnte dies kein Zufall sein. Maxwell sagte sich, es erklärt sich diese Grösse dadurch, dass derselbe Aether, welcher das Licht fortpflanzt, auch die elektrischen Wirkungen überträgt. Wenn dies aber der Fall ist, so geschieht es in Wellenform, und die Formeln, welche sich nur auf beobachtete Thatsachen stützen, in denen weiter nichts enthalten ist, als das, was man beobachtet hat, müssen sich so umgestalten lassen, dass sie eine Wellenbewegung anzeigen; das gelang ihm, ohne irgend welche Annahmen über die Elektrizität oder den Magnetismus als Stoffe zu Grunde zu legen. Die erhaltenen Formeln sagten ihm aus, dass die elektrischen Wellen Transversalwellen wären, welche sich mit Lichtgeschwindigkeit fortpflanzen und jede beliebige Wellenlänge haben können. Um seine Theorie zu stützen, berief er sich darauf, dass es ja in Wirklichkeit solche Wellen, wie er sie durch Rechnung gefunden habe, gebe, nämlich die Lichtwellen. Er konnte in seinen Aussagen noch weiter gehen; da seine berechneten Wellen jede beliebige Wellenlänge haben können, so können sie auch Wellenlängen annehmen, mit denen sich das Licht fortpflanzt, folglich sind die Wellen, welche in unserem Auge den Eindruck des Lichtes hervorrufen, elektrische Wellen von bestimmter kleiner Wellenlänge. Er nannte daher auch seine 1865 erschienene Arbeit „Elektromagnetische Lichttheorie.“

Es dauerte eine geraume Zeit ehe die Anschauungen Maxwell's unter den Physikern Anerkennung fanden und zwar deshalb, weil sie von der Ansicht, dass das Licht eine Erscheinung elastischer Natur sei, nicht lassen wollten. Diese Auffassung hatte sich in dem Geiste der Forscher so sehr festgewurzelt, dass man sie für Thatsache hielt, trotzdem man auf die vernichtenden Widersprüche stiess, welche ich bereits oben anführte. Dann aber gestattete die mathematische Behandlung der Theorie nur wenig Auserlesenen vollständig in ihren Geist einzudringen. Wer aber die Energie besass, die Arbeit eingehender zu prüfen, „der hatte,“ wie Hertz sagt, „die Empfindung, als wohne den mathematischen Formeln Leben und eigener Verstand inne, als seien dieselben klüger als ihr Erfinder, als gäben sie mehr heraus, als seinerzeit in sie hineingelegt wurde.“ er blieb ihr Anhänger und suchte die Voraussetzungen und Folgerungen durch Versuche zu stützen.

Der eifrigste und erfolgreichste dieser Anhänger war ein Mann, „dessen Geistesentwicklung.“ wie Helmholtz sagt, „Natur und Schicksal in ganz ungewöhnlicher Weise begünstigt zu haben schienen, der alle zur Lösung der schwierigsten Probleme der Wissenschaft erforderlichen Anlagen in sich vereinigte, der ebenso der höchsten Schärfe und Klarheit des logischen Denkens fähig war, wie der grössten Aufmerksamkeit in der Beobachtung unscheinbarer Phänomene.“ Es war Heinrich Hertz. Ihm war es vergönnt, zuerst durch Versuche den Nachweis zu erbringen, dass es in Wirklichkeit solche Wellen gäbe, wie sie Maxwell durch seine mathematischen Formeln vorausgesagt hatte. Damit beseitigte er bei den Physikern den Zweifel, welche sie an der Richtigkeit der Maxwell'schen Theorie gehegt hatten.

Die erste Veranlassung zu den Versuchen, welche Hertz zur Entscheidung dieser Frage anstellte, waren im Jahre 1879 von der Berliner Akademie der Wissenschaften gestellte Preisarbeit, welche die Aufgabe enthielt, irgend eine Beziehung zwischen den elektrodynamischen Kräften und der dielektrischen Polarisation der Isolatoren experimentell nachzuweisen, sei es nun eine elektrodynamische Kraft, welche durch Vorgänge in Nichtleitern erregt würde, sei es eine Polarisation der Nichtleiter durch die Kräfte der elektrodynamischen Induktion.

Diese Aufgabe hatte Helmholtz vorgeschlagen, welcher bei der Prüfung der einzelnen Theorien der Elektrizität zu dem Resultat gekommen war, dass alle Erscheinungen, die vollkommen geschlossenen Ströme durch Zirkulation durch in sich zurücklaufende metallische Leitungskreise hervorrufen, und welche die gemeinsame Eigentümlichkeit haben, dass es, während sie fließen, zu keiner erheblichen Veränderung der in einzelnen Teilen des Leiters angesammelten elektrischen Ladungen kommt, sich aus den aufgestellten älteren Hypothesen gleich gut ableiten liessen. Anders war es aber mit den Erscheinungen in nicht geschlossenen Leitern. Man wusste, dass die Elektrizität an den Enden solcher Leiter sich in ausserordentlich kurzer Zeit stark anhäuft, dass ein Zufließen aufhört und nach momentaner Ruhe ein Rückfließen stattfindet, dass also in nicht geschlossenen Leitern hin und hergehende Bewegungen, d. h. Schwingungen auftreten. Helmholtz erkannte, dass die elektrodynamischen Wirkungen nur dann vollkommen verstanden werden könnten, wenn diese Vorgänge in nicht geschlossenen Leitern genau untersucht würden, wenn festgestellt würde, welche Veränderungen in den die Enden des Leiters trennenden Nichtleitern stattfänden. In der Arbeit „Ueber die Bewegungsgleichungen der Elektrizität für ruhende leitende Körper.“ hat Helmholtz nachgewiesen, dass man mit Zuhülfenahme bestimmter Voraussetzungen über die Aenderung in den zwischenliegenden Nichtleitern aus den älteren Sätzen der Elektrodynamik die Maxwell'schen Gleichungen ableiten können. Diese Voraussetzungen waren folgende: 1. „die Veränderungen der elektrischen Polarisation der ponderablen Nichtleiter üben dieselbe elektrodynamischen Wirkungen aus, wie gleichwertige Ströme. 2. die elektrodynamischen Kräfte sind eben so gut im Stande die elektrische Polarisation zu erregen, wie die elektrostatischen. 3. Der Luftraum und der leere Raum verhalten sich in diesen Beziehungen wie jedes andere Dielektricum.“ Es war der Zweck der oben angeführten Preisarbeit zur experimentellen Untersuchung dieser Voraussetzungen anzuregen. In der Lösung dieser Aufgabe besteht Hertz' erste grössere Arbeit. Er zeigt darin zum ersten Male, dass auch die elektrischen Schwingungen in nichtgeschlossenen Leitern induzierende Wirkungen hervorbringen im Stande sind.

Mit Hilfe der schnellen elektrischen Schwingungen in nicht geschlossenen Leitern wies Hertz ferner nach, dass die dielektrischen Veränderungen in Isolatoren, welche Faraday gefunden hatte, nicht nur elektrostatische sondern auch Inductions-Wirkungen hervorzurufen vermögen. Röntgen hat die Hertz'schen Versuche noch insofern erweitert, als er zeigte, dass die Vorgänge in Isolatoren auch magnetische Wirkungen ausüben können. Es bilden die Versuche dieser

beiden Männer für die Faraday-Maxwell'sche Anschauung, dass die elektrische Kraft keine Fernkraft sondern eine vermittelte Kraft sei, dass der Sitz der elektrischen Erscheinungen nicht in dem Leitern sondern in den Isolatoren sei, eine Hauptstütze.

Wenn aber die elektrische Kraft eine vermittelte Kraft ist, so muss sie sich mit endlicher Geschwindigkeit fortpflanzen. Der Nachweis dieser Schlussfolgerung, welcher so grosse Schwierigkeiten bot, dass der geniale Experimentator Faraday sein ganzes Leben hindurch vergeblich darnach suchte, ist Herz wenigstens so weit geglückt, als er zeigte, dass die Induktionswirkungen durch den Luftraum sich zwar mit sehr grosser aber doch endlicher Geschwindigkeit ausbreiten. Die Schwierigkeiten für den experimentellen Nachweis dieser Vermutung lag eben in dieser grossen Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Nach den theoretischen Untersuchungen zu schliessen, war dieselbe gleich der des Lichtes, betrug also 300000 klm in der Sekunde. Bei einer solchen Geschwindigkeit pflanzen sich aber die Induktionswirkungen in Zeiteilchen, welche wir auch durch die delikatesten Zeitmessungsmethoden nicht zu bestimmen vermögen, auf Entfernungen fort, in denen die Wirkungen nicht mehr beobachtbar sind. Unmittelbare Messungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit, wie solche für den Schall und das Licht angestellt worden sind, waren demnach ausgeschlossen, es mussten mittelbare Methoden ersonnen werden. Zu einer solchen wurde Hertz durch die schnellen elektrischen Schwingungen in nicht geschlossenen Stromkreisen geführt. Wie Hertz nachgewiesen hatte, rufen diese elektrischen Schwingungen in einem benachbarten nicht geschlossenen Stromkreise ebenfalls elektrische Schwingungen hervor, deren Schwingungsrichtung jedesmal der erzeugenden entgegengesetzt ist. Enthält nun der zweite sogenannte sekundäre Leiter eine Funkenstrecke, so kündigen sich die elektrischen Schwingungen in ihm bei richtiger Einstellung der Funkenstrecken durch überspringende Fünkchen an. Wie äussern sich aber die sekundären Schwingungen, wenn die Induktionswirkung Zeit zur Fortpflanzung erfordert? Um dieses möglichst deutlich zu machen, will ich für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wirkungen und für die Dauer der Schwingung im ersten sogenannten primären Leiter bestimmte, vom wirklichen Sachverhalt allerdings abweichende Zahlenwerte wählen, und zwar will ich annehmen, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit betrüge 10000000 m und die Schwingungszeit im primären Leiter wäre $\frac{1}{10000000}$ Sekunde.

Denken wir uns nun einen primären Leiter AB (Fig. 1) und in 10 cm, 20 cm, 30 cm u. s. w. von ihm entfernt sekundäre Leiter parallel zu einander in gerader Linie aufgestellt, — der Einfachheit halber wollen wir gerade Drähte annehmen —, so wird die Induktionsschwingung im ersten sekundären Leiter A_1B_1 zuerst, im zweiten A_2B_2 etwas später, im dritten A_3B_3 wieder etwas später u. s. w., und bei der angenommenen Geschwindigkeit in dem 10 m weit entfernten Drahte $A_{100}B_{100}$ gerade beginnen, wenn die erzeugende Schwingung im primären Leiter vollendet ist und in die entgegengesetzt gerichtete übergeht. War die primäre Schwingung von A nach B gerichtet so verläuft die entsprechende Schwingung in den sekundären Leitern von B nach A. Nach $\frac{1}{10}$ Sekunde fängt also im Leiter $A_{100}B_{100}$ ein Strom von B_{100} nach A_{100} , nach $\frac{2}{10}$ Sekunden im Leiter $A_{200}B_{200}$ nach $\frac{3}{10}$ Sekunden in $A_{300}B_{300}$ in derselben Richtung an zu fliessen. In dem primären Leiter findet aber in der Zeit $\frac{1}{10}$ bis $\frac{2}{10}$ Sekunden nach Beginn der ersten Schwingung eine elektrische Bewegung von B nach A statt, welche in den sekundären Leitern einen elektrischen Strom von A nach B veranlasst. Bei der angenommenen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Induktionswirkung muss diese zweite Schwingung in den Leitern zwischen A und A_{100} eintreten, während in den Leitern zwischen A_{100} und A_{200} Schwingungen nach der entgegengesetzten Richtung stattfinden. Dehnen wir diese Betrachtung auf alle sekundären Leiter aus, so findet man, dass bei fortgesetzten Schwingungen im primären Leiter nach $\frac{n}{100}$ Sekunden — wo n eine ganze Zahl bedeutet — die Schwingungen in den Leitern von A bis A_{100} entgegengesetzt denen in A_{100} bis A_{200} , A_{300} bis A_{400} , A_{500} bis A_{600} u. s. w

aber gleich gerichtet den Bewegungen in den Leitern zwischen A_{200} und A_{800} , A_{400} und A_{100} u. s. w. sind. Denkt man sich die Schwingungsweite in dem genannten Augenblick im Sinne ihrer Richtung auf den Leitern abgetragen und die Endpunkte mit einander verbunden, so erhalten wir die in Fig. 1 gezeichnete Wellenlinie, welche uns den Verlauf der Induktion anzeigt.

Der Induktionsstrom in den sekundären Leitern ist aber, wie Hertz durch Versuche gezeigt hat, ein Vorgang, welcher sich nicht in den Leitern selbst, sondern an deren Oberfläche abspielt; folglich müssen die oben beschriebenen Schwingungen in einem diese Leiter umgebenden Medium stattfinden. Die Leiter bieten nur ein Mittel diese Schwingungen anzuzeigen. Nach den angestellten Ueberlegungen müssen sich diese Schwingungen bei endlicher Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Induktionswirkungen in Gestalt von Transversalwellen durch den Raum fortpflanzen. Ist dies aber der Fall, so müssen die Wellen ähnlich wie Wasser- Licht- und Wärmewellen von geeigneten Körpern reflektiert werden und rückwärts von der Wand ab eben so verlaufen, wie nach der Wand hin. Wird aber ein senkrecht gegen eine Wand auffallender Wellenzug ABCDE (Fig. 2) von dieser zurückgeworfen, so hat er nach der Reflexion den Verlauf E D, C, B, A. Dieser letztere Wellenzug setzt sich mit dem ersteren der Art zusammen, dass an bestimmten gleich weit von einander entfernten Punkten K_1 , K_2 , K_3 die Schwingungen aufgehoben werden; diese Punkte führen den Namen Knotenpunkte. Zwischen je zwei aufeinander folgenden Punkten nimmt die Grösse des Ausschlages bis zur Mitte regelmässig zu, um dann ebenso regelmässig wieder abzunehmen. Dabei sind die Schwingungen in zwei in einem Knotenpunkt zusammenstossenden Zwischenräumen zur selben Zeit genau symmetrisch nach entgegengesetzten Seiten der Linie E K_1 K_2 K_3 gerichtet. Solche Wellen heissen stehende Wellen.

Diejenigen Körper aber, in deren Inneres die Induktionswirkungen nicht eindringen können, welche also fähig sind, die oben genannten Wellen zurückzuwerfen, sind die sogenannten Leiter der Elektrizität, also vor allem die Metalle. Ist daher die Annahme, dass die Induktionswirkungen von einem primären Leiter aus mit endlicher Geschwindigkeit durch den Raum eilen, richtig, so müssen sich vor einer Metallwand stehende Wellen bilden. Die mittelbare Methode für den Nachweis einer endlichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Induktionskraft besteht demnach in dem Nachweis stehender Wellen, d. h. in dem Nachweise, dass an bestimmten gleich weit von einander entfernten Stellen vor einer Metallwand keine Induktionswirkungen vorhanden sind, und dass zwischen je zwei solcher Stellen die Wirkungen von einem Punkte aus zunächst regelmässig bis zu einem Maximum wachsen um alsdann ebenso regelmässig wieder abzunehmen. Dazu musste aber zunächst ein Instrument erfunden werden, welches das Vorhandensein und die Stärke der Induktionskraft in dem Raume zwischen dem primären Leiter und der Wand erkennen lassen konnte. Dieses Mittel fand Hertz darin, dass er an diejenigen Stellen, in denen er die elektrische Kraft beobachten wollte, einen Stromkreis brachte, der eine kleine Funkenstrecke hatte, also einen der oben schon angedeuteten unterbrochenen Stromkreise. Dieser sekundäre Leiter kann geradlinig oder beliebig gestaltet sein. Hertz gab ihm die in Fig. 3 gezeichnete Gestalt. Es war ein auf einem Holzgestell befestigter 2 mm starker Kupferdraht, welcher die Gestalt eines Kreises von 35 cm Radius hatte. Die Länge der Funkenstrecke konnte durch eine feine Mikrometerschraube zwischen einigen hundertsteln und einigen ganzen Millimetern variiert werden. Die Schwingungsdauer des Induktionsstromes stimmte genau mit derjenigen des primären Leiters überein. Dieser letztere (Fig. 4) bestand aus zwei quadratischen Messingplatten von 40 cm Seitenlänge, welche durch einen 60 cm langen Kupferdraht mit einander verbunden waren. In der Mitte des Drahtes befand sich eine Funkenstrecke, welche bewirkte, dass der Induktionsstrom eines starken Induktoriums (I) Schwingungen ausführte. Diese Schwingungen rufen in dem in die Nähe gebrachten sekundären Leiter ebenfalls elek-

trische Schwingungen hervor, welche sich durch Fünkehen in der Funkenstrecke ankündigen. Die Grösse dieser Fünkehen, oder besser gesagt, der noch zulässige maximale Abstand zwischen b und a , bei welchem sich noch Funken zeigen, liefert dabei ein Mass für die Stärke der auf den Leiter einwirkenden elektrischen Kraft.

Mit diesen Apparaten stellte nun Hertz Versuche an, welche die wellenförmige Ausbreitung der Induktionswirkung durch den Luftraum greifbar vor die Augen führte und welche gestatteten, die Wellenlänge unmittelbar zu messen. Gegenüber der Mitte einer Wand, an der er ein Zinkblech von 4 m Höhe und 2 m Breite befestigt hatte, welche die elektrischen Wellen reflektieren sollte, stellte er in 13 m Abstand den primären Leiter so auf, dass der Verbindungsdraht der beiden Messingplatten vertikal stand, so dass also die in Betracht kommenden Schwingungen in vertikaler Richtung stattfanden. Ging nun ein Wellenzug elektrischer Kraft von dem primären Leiter zur Wand, so wurde er am Zinkblech reflektiert und die von der Wand zurücklaufenden Wellen mussten in dem Raume stehende Wellen erzeugen. Mit dem sekundären Leiter näherte sich Hertz nun von der Wand dem primären Leiter und beobachtete die Grösse der Funken, die durch die elektrische Kraft in ihm hervorgerufen wurden. In unmittelbarer Nähe der Wand zeigte der sekundäre Leiter keine Funken. Wurde er von der Wand entfernt, so traten Funken auf, welche bis zu einem Abstände von 1,72 m von der Wand immer stärker wurden. Beim weiteren Fortschreiten von der Wand nahm die Länge der Funken wieder ab, bis sie in 4,12 m Abstand von der Wand fast ganz verschwunden waren. Beim weiteren Fortschreiten wuchsen die Funken wieder an und würden in 6,5 m Abstand wieder ein Maximum erreicht haben, wenn nicht dort schon die Nähe des primären Leiters Unregelmässigkeiten hervorgebracht hätten.

Dieser Versuch zeigt nun unmittelbar die wellenförmige Ausbreitung der Induktionskraft, lässt die Wellenlänge messen und giebt daher ein Mittel an die Hand die Geschwindigkeit der Fortpflanzung der genannten Kraft zu bestimmen. Um dies zu verstehen, müssen wir noch einmal auf Figur 1 zurückgehen. Während im primären Leiter AB eine Hin- und Rückschwingung stattfindet, pflanzt sich die Wirkung von A bis A_{200} fort und zwar in Gestalt einer Welle, welche man fortlaufende Welle nennt. Die Entfernung AA_{200} nennt man eine ganze Wellenlänge. Wird aber ein fortlaufender Wellenzug an einer Wand reflektiert, so entstehen aus 1 fortlaufenden Welle 2 stehende Wellen. In dem oben beschriebenen Versuch hat eine stehende Welle eine Länge von 4,8 m also eine fortlaufende eine solche von $2 \times 4,8 = 9,6$ m. Während also im primären Leiter eine ganze d. h. eine Hin- und Rückschwingung stattfindet, pflanzt sich die Induktionswirkung 9,6 m weit fort. Nun ergeben die Dimensionen des Apparates für eine ganze Schwingung eine Schwingungszeit von $\frac{1}{310\,000\,000}$ Sekunden. Folglich beträgt der von der elektrischen Kraft in $\frac{1}{310\,000\,000}$ Sekunden zurückgelegte Weg 9,6 m, das ergiebt für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit oder den in einer Sekunde zurückgelegten Weg $310\,000\,000 \times 9,6$ m das ist rund $300\,000\,000$ m = 300 000 klm. Es ist dies aber dieselbe Zahl, welche direkte Versuche für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes ergeben haben. Es haben demnach die angestellten Versuche das Resultat ergeben, dass die Induktionskraft mit derselben Geschwindigkeit den Raum durchheilt wie das Licht.

Die unmittelbarste Folgerung aus diesen Versuchen ist die Bestätigung der Faraday'schen Anschauung, nach welcher die elektrischen Kräfte selbständige im Raum bestehende Veränderungen sind. Diese Kräfte sind also nicht lediglich Attribute ihrer Ursachen, sondern entsprechen veränderten Zuständen des Raumes.

Die grosse Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes ist einer der Hauptgründe, welcher die Physiker veranlasst hat, anzunehmen, dass sich die Lichtwellen in einem sehr feinen Medium, dem Aether, fortpflanzen. Da nun aber unsere Versuche ergeben haben, dass sich die Induktions-

kraft mit derselben Geschwindigkeit fortpflanzt, so liegt nichts näher wie die Annahme, das auch ihre Wellen in diesem Aether verlaufen. Wir können daher mit ziemlicher Sicherheit sagen, dass auch die oben beschriebenen Induktionsströme Erscheinungen sind, welche auf Transversalwellen im Aether beruhen. Der Form nach sind diese mit den Licht- und Wärmewellen identisch, der Grösse nach jedoch von ihnen verschieden. Nun haben aber die Induktionswellen nicht etwa eine bestimmte Länge; sie können je nach der Beschaffenheit des primären Leiters mehrere Meter, Centimeter oder Millimeter oder nach darunter lang sein. Der Unterschied zwischen ihnen und den Licht- und Wärmewellen ist nur ein gradueller. Haben die Aetherwellen eine Länge von 4 bis $7\frac{1}{2}$ Zehntausendstel mm, so vermögen sie in unserem Auge den Eindruck des Lichtes und zwar je nach ihrer Länge den einer bestimmten Farbe hervorzurufen. Längere Wellen bis zu 8 oder 9 Tausendstel eines Millimeters künden sich als Wärme an. Folglich können wir auf Grund der oben beschriebenen Versuche mit grosser Wahrscheinlichkeit sagen: Die Transversalwellen des Lichtes und der Wärme sind elektrodynamische Wellen von sehr kleiner Wellenlänge.

Wenn dies aber richtig ist, so müssen sich mit den elektrischen Wellen genau dieselben Reflexions-, Brechungs-, Polarisations- und Interferenzerscheinungen hervorrufen lassen, wie wir sie bei Lichtwellen kennen. Diese Folgerungen hat Hertz ebenfalls durch Versuche bestätigt. Dass die elektrischen Wellen zurückgeworfen werden, hatte die Erscheinung der stehenden Wellen bereits bewiesen; wenn sie aber ebenso reflektiert werden wie die Lichtwellen, so müssen sie in der Brennpunktlinie eines cylindrischen Parabolspiegels erzeugt von diesem parallel zu einander zurückgeworfen werden. Die Folge davon ist, dass ihre Wirkungen auf einer grösseren Entfernung beobachtbar werden, weil sie sich nicht nach allen Seiten sondern nur nach einer bestimmten Richtung hin ausbreiten können. Deswegen brachte Hertz die geradlinigen Drähte Aa und Bb eines primären Leiters (Fig. 5) in die Brennpunktlinie eines cylindrischen Parabolspiegels S_1 . Die Zuleitung von dem Induktorium durchsetzte den Spiegel. Mit diesem primären Leiter konnte ohne Spiegel die Wirkung in einem sekundären Leiter auf 2 m Entfernung wahrgenommen werden, mit Spiegel jedoch bis auf 5—6 m, eben wegen der Konzentration durch den Spiegel. Wurde nun aber auch der sekundäre Leiter in die Brennpunktlinie eines Hohlspiegels gestellt, so liess sich die Wirkung ohne Schwierigkeit auf 16 bis 20 m verfolgen. In diesem zweiten Spiegel S_2 befanden sich die geradlinigen Leiterstücke C und D. in der Brennpunktlinie, und von ihnen aus führten Drähte durch den Spiegel nach hinten hindurch zu einer Funkenstrecke, in der die Funken beobachtet werden konnten, ohne dass man sich in den Gang der Strahlen zu stellen brauchte. Es werden also durch den ersten Spiegel hauptsächlich Strahlen elektrischer Kraft erzeugt, die von dem zweiten Spiegel nach der Brennpunktlinie hin reflektiert werden und dort in dem sekundären Leiter kräftige Schwingungen erzeugen.

Stellt man zwischen die beiden Spiegel einen Schirm aus Metall, so verlöschen die Funken im sekundären Leiter, durch Isolatoren wie Glas, Parafin, Schwefel, Porzellan dagegen geht der Strahl hindurch, durch eine Holzwand oder eine hölzerne Thür gehen die Wellen hindurch, man sieht mit Verwunderung im sekundären Leiter Funken, wenn sich der primäre Leiter in einem geschlossenen Nebenzimmer befindet. Wenn man links und rechts neben der geradlinigen Verbindungslinie der beiden Spiegel hinreichend grosse Metallschirme aufstellt, so beeinträchtigen diese die sekundären Funken durchaus nicht, so lange die Breite des Spaltes, welchen sie zwischen sich lassen nicht kleiner wird als die Oeffnung des Spiegels. Wird der Spalt enger gemacht, so nehmen die Funken ab und verlöschen allmähig. Bleibt die Breite des Spaltes gleich der Oeffnung des Spiegels, wird derselbe aber seitlich aus der geraden Verbindungslinie verschoben, so erlöschen die Funken ebenfalls, ebenso wenn der primäre Spiegel aus seiner parallelen Stellung zum sekundären Leiter verschoben wird. Daraus folgt, dass sich die Strahlen elektrischer Kraft geradlinig fortpflanzen.

Um die Reflexion der Erscheinungen genauer studieren zu können, stellte Hertz die Spiegel so auf, dass ihre Öffnungen nach ein und demselben Punkte S (Fig. 6) gerichtet waren. Dann zeigten sich im sekundären Leiter keine Funken. Wurde aber in S ein Metallschirm so aufgestellt, dass der Winkel S_1SX gleich dem Winkel S_2SX war, so zeigten sich in S_2 ebenso lebhaft Funken als ob die Spiegelöffnungen parallel gewesen wären. Wurde der Spiegel AB um den Punkt S gedreht, so verschwanden die Funken wieder. Durch diesen Versuch war unmittelbar bewiesen, dass die elektrische Kraft regelmässig reflektiert wird und zwar so, dass der Reflexionswinkel gleich ist dem Einfallswinkel.

Um zu untersuchen, ob eine Brechung der elektrischen Strahlen beim Uebertritt aus Luft in ein anderes isolierendes Medium nachzuweisen wäre, liess Hertz ein Prisma aus Hartpech einer asphaltartigen Masse herstellen. Die Grundfläche desselben war ein gleichschenkliches Dreieck von 0,2 m Schenkellänge und einem brechenden Winkel, von nahe zu 30° ; die Höhe betrug 1,5 m. Es wurde auf einer Unterlage in solcher Höhe aufgestellt, dass die Mitte seiner brechenden Kante in gleicher Höhe mit der primären und der sekundären Funkenstrecke lag. Der gebende Spiegel wurde in 2,6 m Abstand vom Prisma gegen die eine brechende Fläche gewandt so aufgestellt, dass die Mittellinie der Strahlen genau auf den Schwerpunkt des Prismas hinzielte und die brechende Fläche von der Seite der Hinterfläche her unter einem Winkel von 65° traf. Neben die brechende Kante und die gegenüberliegende Seite wurden 2 leitende Schirme aufgestellt, welche den Strahlen jeden anderen Weg wie den durch das Prisma abschnitten. Auf der Seite des durchgetretenen Strahles wurde auf den Boden um den Schwerpunkt der Prismabasis als Mittelpunkt ein Kreis von 2,5 m Radius gezeichnet. In diesem wurde nun der empfangende Spiegel so herumbewegt, dass seine Öffnung beständig gegen den Mittelpunkt des Kreises gerichtet blieb. Wurde der Spiegel zunächst in der Richtung der einfallenden Strahlen aufgestellt, so waren Funken in ihm nicht zu erhalten, nach hier warf das Prisma einen vollkommenen Schatten. Es traten aber Funken auf, wenn der Spiegel von der brechenden Kante ab verschoben wurde und zwar zuerst nach einer Verschiebung von 11° . Der Funkenstrom nahm an Intensität zu bis 22° , um dann wieder abzunehmen. Die letzten Funken waren bei 34° bemerklich. Aus dem brechenden Winkel und der Optik für pechartige Körper 1,5 bis 1,6 angegeben wird. Der Unterschied erklärt sich durch Unreinheit des Stoffes und Ungenauigkeit der Messung. Bei genau ausgeführten Versuchen wird sich ergeben, dass die elektrischen Strahlen genau wie die Lichtstrahlen dem Snellius'schen Brechungsgesetz folgen.

Auch die Erscheinung der Polarisation liess sich bei den elektrischen Strahlen zeigen. Aus der Bildung der elektrischen Strahlen im primären Leiter, nämlich durch Schwingungen in dem geradlinigen Leiter kann man schliessen, dass die Schwingungen in den Strahlen ebenfalls eine bestimmte Richtung haben, d. h. dass sie polarisiert sind und zwar geradlinig. Dass dies der Fall ist, zeigte Hertz dadurch, dass er den sekundären Spiegel um die Richtung der Strahlen drehend in die horizontale Lage brachte, so dass die beiden Brennpunkte in gekreuzter Lage waren. Es zeigten sich keine Funken. Die beiden Spiegel verhielten sich wie Polarisator und Analysator eines Polarisationsapparates. Um die Polarisationserscheinungen noch deutlicher zu zeigen, benutzte Hertz ein achteckiges Drahtgitter (Fig. 7), in welchem 1 mm starke Kupferdrähte in einer Entfernung von 3 cm von einander gezogen waren. Wurde dieses Drahtgitter so zwischen die beiden Spiegel mit parallelen Brennpunkten gestellt, dass die Drähte des Gitters eine gekreuzte Lage zu den Spiegeln hatten, so wurden die Funken im sekundären Leiter so gut wie gar nicht beeinträchtigt. Waren die Drähte jedoch den Brennpunkten parallel, so verschwanden die Funken, der Schirm fing die Strahlen vollständig ab. Der Schirm verhält sich also in Hinsicht der hindurchgehenden Energie gegen den elek-

trischen Strahl genau so wie eine Turmalinplatte gegen einen geradlinig polarisierten optischen Strahl. Hertz stellte nun die beiden Spiegel in gekreuzter Lage auf, so dass der sekundäre in horizontaler Lage war. Hierbei beobachtete er keine Funken beim Einschieben des Schirmes, weder bei horizontaler noch bei vertikaler Richtung der Drähte. Drehte er jedoch den Spiegel um 45° aus einer dieser Lagen heraus, so dass die Drähte nun unter einem Winkel von 45° gegen die Horizontalebene geneigt waren, so zeigten sich in dem horizontalen sekundären Leiter Funken. Der Schirm hatte die ankommenden Schwingungen in 2 Componenten zerlegt und nur diejenige hindurch gelassen, welche auf der Richtung der Drähte senkrecht steht. Diese Componente, welche unter 45° gegen den sekundären Leiter geneigt ist, wird nochmals durch den Spiegel zerlegt und vermag so auf den Leiter zu wirken. Die Erscheinung ist vollkommen gleichartig der Aufstellung des dunklen Feldes zweier gekreuzter Nicols durch eine in passender Lage eingeschobene Turmalinplatte.

Auch Beugungs- und Interferenzerscheinungen können bei den elektrischen Schwingungen nachgewiesen werden.

Hertz hat unsere Kenntnisse über die Schwingungen elektrischer Kraft noch nach einer anderen Richtung hin erweitert. Wie aus den Erfahrungen über die magnetischen Wirkungen des elektrischen Stromes zu schliessen war, musste das Vorhandensein einer magnetischen Kraft neben der elektrischen zu erweisen sein. In seiner Arbeit: „Ueber die mechanischen Wirkungen elektrischer Drahtwellen“ schildert er Versuche, die nur die eine Deutung zulassen, dass zugleich mit den elektrischen Wellen magnetische Wellen entstehen, deren Schwingungsrichtung auf der elektrischen senkrecht steht, und deren Knotenpunkt mit den Schwingungsbäuchen der elektrischen Wellen zusammenfallen. Dadurch gelangen wir zu einer ganz anderen Auffassung der Fortpflanzung von Transversalwellen im Aether, wie sie in der Optik bis dahin üblich war. Nach ihr war die Lichtbewegung eine elastische. Diese Annahme führte aber zu den im Anfang der Arbeit angeführten Widersprüchen. Jetzt nehmen wir an, dass die Fortpflanzung der Transversalwellen im Aether dadurch zu stande kommt, dass jede elektrische Bewegung rings um sich aber senkrecht zu sich eine magnetische Bewegung erzeugt, und dass diese magnetische Bewegung wieder senkrecht zu sich eine elektrische Bewegung hervorruft, die dadurch der ersten parallel wird.

Die Einzelheiten der zuletzt beschriebenen Versuche liefern den Beweis, dass die besondere Art der Ausbreitung der elektrischen Kraft vollständige Uebereinstimmung zeigt mit der Ausbreitung der Lichtbewegung. Da aber für sie die Widersprüche über das Medium, in welchem die Fortpflanzung stattfindet, wie vorhin gezeigt wurde, fallen, so gewinnt die Hypothese, dass das Licht eine elektrische Erscheinung ist, einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit. „Indem wir diese Versuche planen, indem wir sie beschreiben“, sagt Hertz, „denken wir schon nicht mehr elektrisch, wir denken optisch. Wir sehen nicht mehr in den Leitern Ströme fließen, Elektricitäten sich ansammeln, wir sehen nur noch die Wellen im Aether, wie sie sich kreuzen, wie sie zerfallen, sich vereinigen, sich stärken und schwächen. Die Verbindung zwischen Licht und Elektricität, welche die Theorie ahnte, vermutete, voraussah, ist hergestellt den Sinnen fasslich, dem natürlichen Geiste verständlich. Die Herrschaft der Optik beschränkt sich nicht mehr auf Aetherwellen, welche kleine Bruchteile des Millimeters messen, sie gewinnt Wellen, deren Länge nach Decimetern, Metern, Kilometern rechnen. Und trotz dieser Vergrößerung erscheint sie uns von hier aus gesehen nur als ein kleines Anhängsel am Gebiete der Elektricität. Dieses letztere gewinnt am meisten. Wir erblicken Elektricität an tausend Orten, wo wir bisher von ihrem Vorhandensein keine sichere Kunde hatten. In jeder Flamme, in jedem leuchtenden Atome sehen wir einen elektrischen Prozess. Auch wenn ein Körper noch nicht leuchtet, so lange er nur noch Wärme strahlt, ist er der Sitz elektrischer Erregungen.“

So verbreitet sich das Gebiet der Elektrizität über die ganze Natur. Es rückt auch uns selber näher, wir erfahren, dass wir in Wahrheit ein elektrisches Organ haben, das Auge.“

Durch die Hertz'schen Versuche ist ferner „die von der Wissenschaft geheiligte vom Verstande aber nur ungern getragene Herrschaft“ der unmittelbaren Fernkräfte im Gebiete der Elektrizität für immer zerstört worden. In ihnen liegt der Beweis, dass die elektrischen Kräfte sich von den ponderablen Körpern loslösen und selbständig als Zustände oder Veränderungen im Raume fortbestehen können. Trotzdem der Nachweis einer endlichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit nur für die Induktionskraft erbracht ist, muss man doch annehmen, dass auch die anderen elektrischen Wirkungen sich mit endlicher Geschwindigkeit durch den Raum ausbreiten; ob diese Geschwindigkeit aber bei allen dieselbe ist, ist zweifelhaft, ja sogar unwahrscheinlich, weil z. B. die Induktionswirkungen nach einem anderen Gesetze erfolgen wie die elektrostatischen. Aus Versuchen, welche Hertz in seiner Arbeit „Ueber die Ausbreitung der elektrodynamischen Wirkungen“ beschreibt, zieht er die Schlussfolgerung, dass die elektrostatische Kraft sich mit einer anderen Geschwindigkeit fortpflanzen müsse, wie die elektrodynamische. Zu einer Bestimmung derselben ist er jedoch nicht gekommen. Die Induktionskraft eines elektrischen Stromes aber wirkt umgekehrt proportional der Entfernung; die ponderomotorische Anziehungskraft und die magnetische Kraft zwischen 2 Strömen wirken dagegen umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung. Diese Kräfte sind durch das Gesetz von der Erhaltung der Energie auf das engste mit einander verknüpft. Es scheint demnach hier ein sehr geeigneter Anknüpfungspunkt für theoretische Untersuchungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit solcher Kräfte zu sein, welche wie die oben genannten nach dem umgekehrten Quadrate der Entfernung wirken. Vielleicht lässt sich aus diesem Zusammenhange die Ausbreitungsgeschwindigkeit der letzteren Kräfte durch die bekannte Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Induktionskraft ausdrücken. Es wäre dies um so interessanter, weil sich wahrscheinlich aus dieser mathematischen Betrachtung Schlussfolgerungen für die Gravitation, welche ja auch nach dem umgekehrten Quadrate der Entfernung wirkt, ziehen lassen, die man jetzt noch allgemein als eine Fernkraft auffasst. Wie dem aber auch sein mag, so viel steht fest, dass, nachdem Hertz für die Induktionswirkungen elektrischer Ströme eine endliche Fortpflanzungsgeschwindigkeit nachgewiesen hat, wir die Frage „Was ist die Elektrizität?“ mit der grössten Wahrscheinlichkeit dahin beantworten können: Die Elektrizität ist kein besonderer Stoff, sondern ein Bewegungszustand in einem den ganzen Weltenraum erfüllenden Medium, dem Aether.

Nach welchen physikalischen Gesetzen diese Bewegung verläuft, vermögen wir einstweilen nicht auszusagen. Zur Beantwortung dieser Frage ist es erforderlich die Eigenschaften des raumerfüllenden Aethers zu kennen. Sind diese bekannt, so lässt sich auch das Wesen der Bewegung entziffern, welche wir Elektrizität nennen; einstweilen wissen wir so gut wie nichts darüber. „Immer mehr gewinnt es den Anschein“, sagt Hertz, „als überrage diese Frage nach dem Wesen des Aethers alle übrigen, als müsse die Kenntniss des Aethers uns nicht allein das Wesen der ehemaligen Imponderabilien offenbaren, sondern auch das Wesen der alten Materie selbst und ihrer innersten Eigenschaften, der Schwere und der Trägheit. Die Quintessenz uralter physikalischer Lehrgebäude ist uns in den Worten aufbewahrt, dass alles, was ist, aus dem Wasser, aus dem Feuer geschaffen sei. Der heutigen Physik liegt die Frage nicht mehr ferne, ob nicht alles, was ist, aus dem Aether geschaffen sei? Diese Dinge sind die äussersten Ziele unserer Wissenschaft, der Physik. Es sind die letzten vereisten Gipfel ihres Hochgebirges. Wird es uns vergönnt sein, jemals auf einen dieser Gipfel den Fuss zu setzen? Wird dies spät geschehen? Kann es bald sein? Wir wissen es nicht. Aber wir haben durch die neue gewonnene Erkenntniss über die Elektrizität einen Stützpunkt für

weitere Unternehmungen gewonnen, welcher eine Stufe höher liegt, als die bisher benützten. Der Weg schneidet hier nicht ab an einer glatten Felswand, sondern wenigstens der nächste absehbare Teil des Anstieges erscheint noch von mässiger Steigung, und zwischen den Steinen finden wir Pfade, die nach oben führen; der eifrigen und geübten Forscher sind viele; — wie könnten wir da anders als hoffnungsvoll den Erfolgen zukünftiger Unternehmungen entgegensehen?''



weitere Unternehmung
Weg schneidet hier
Teil des Anstieges e
die nach oben führe
als hoffnungsvoll de

öher liegt, als die bisher benützten. Der
sondern wenigstens der nächste absehbare
und zwischen den Steinen finden wir Pfade,
sind viele; — wie könnten wir da anders
en entgegensehen?''

