universität innsbruck
Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Die moderne Entwicklung der elektrischen Principien

Rosenberger, Ferdinand

Leipzig, 1898

III. Faraday und seine Umgestaltung der elektrischen Fundamente

urn:nbn:at:at-ubi:2-6166

III.

Faraday und seine Umgestaltung der elektrischen Fundamente.

Am 22. September 1791 wurde in Newington Butts bei London dem Hufschmiedsgesellen James Faraday als drittes Kind ein Sohn geboren, den er Michael nannte und den er in seinem dreizehnten Jahre zu einem Buchbinder und kleinen Buchhändler in die Lehre brachte, mit nur dürftiger Schulbildung ausgerüstet. Als dieser Hufschmiedssohn aber am 25. August 1867, nun Sir Michael Faraday, in seinem Landhause zu Hampton Court bei London starb, war er Mitglied und Ehrenmitglied aller bekannten wissenschaftlichen Gesellschaften der Welt, dreifacher Doktor honoris causa, Ritter des Ordens pour le mérite, Commandeur der Ehrenlegion, Inhaber der bedeutendsten wissenschaftlichen Ehrenmedaillen, u. s. w., und vom Jahre 1823 bis 1864 zählte er nur drei Jahre, in denen ihm nicht irgend eine bedeutende wissenschaftliche Auszeichnung zu theil geworden wäre, meist aber kamen deren in jedem Jahre eine ganze Anzahl.

Seine wissenschaftlichen Studien, wenn man so sagen darf, begann Michael Faraday, nach Beendigung seiner Lehrzeit als Buchbinder, in dem chemischen Laboratorium der Royal Institution in London am 1. März 1813, wo er als persönlicher Gehilfe des berühmten Chemikers Sir Humphry Davy (für 25 sh die Woche und ein Zimmer im Hause) dazu verpflichtet war, den Transport der Instrumente und Apparate für die Vorlesungen und das Laboratorium zu überwachen, und sie jedesmal nach dem Gebrauch, wie auch ausserdem alle Woche oder alle Monate wenigstens einmal zu reinigen. Ausserdem musste er leichte chemische Hilfsarbeiten, wie die Darstellung des duftigen Schwefelwasserstoffs oder Schwefelkohlenstoffs und zeitweise die Behandlung des launisch explosiven Chlorstickstoffes übernehmen. Kaum zehn Jahre später aber war schon der ehemalige Flaschenspüler, der mittlerweile auch noch seinem Meister auf einer Reise durch Frankreich und Italien Kammerdienerdienste geleistet hatte, selbst Direktor des Laboratoriums und im Erfolg einiger wissenschaftlicher Entdeckungen auch Mitglied der Royal Society und correspondirendes Mitglied der Pariser Akademie geworden. Sein Gehalt hatte sich auf 100 Pfund Sterling erhöht und bei seiner Vermählung hatte man ihm einige weitere Zimmer im Gebäude der Royal Institution zur Wohnung angewiesen.

Diese Zeit, die Mitte der zwanziger Jahre dieses Jahrhunderts, war die Wende seiner ganzen Lebensstellung und das Plötzliche derselben wird prachtvoll durch folgende authentische Anekdote illustrirt. Auf eine gelegentliche Aeusserung Davy's hin erwärmte Faraday eines Tages in einer zugeschmolzenen Glasröhre das von ihm schon vorher untersuchte Chlorhydrat, so dass in der Röhre eine grosse Menge Chlor frei werden musste. Das Hydrat schmolz und über dem gebildeten Wasser zeigte sich das grünlichgelbe Chlorgas, aus dem sich nach und nach auf dem Wasser und an den Wänden der Glasröhre eine gelbe ölige Flüssigkeit in Tropfen absetzte. Ein bekannter Arzt und Mitglied der Royal Society, der zufällig durch das Laboratorium ging und dem die scheinbaren Schmutztropfen in der Röhre auffielen, nahm daraus Veranlassung, den jungen Chemiker gutmüthig herablassend auf die Nothwendigkeit absoluter Reinlichkeit bei chemischen Versuchen aufmerksam zu machen. Faraday aber konnte dem weisen Herrn am nächsten Morgen die kurze jedenfalls verblüffende Mittheilung zukommen lassen: „Verehrter Herr! Das (schmutzige) Oel, welches sie gestern bemerkten, war nichts anderes als flüssiges Chlor. Ihr treu ergebener M. Fr."

Diese erste gelungene Verflüssigung eines Gases war es, die Faraday mit einem Schlage die allgemeine Anerkennung als eines nicht blos ebenbürtigen, sondern auch überlegenen wissenschaftlichen Forschers sicherte. Seine Einnahmen wuchsen von da an, am meisten durch chemische Arbeiten und Analysen, die er für Kaufleute unternahm, bis auf 2000 Pfund jährlich, sanken aber mit dem Anfange der dreissiger Jahre wieder weit unter die Hälfte herunter, weil Faraday um diese Zeit, wo er die Reihe seiner glänzendsten physikalischen Entdeckungen begann, freiwillig auf solche Privatarbeiten und damit auch Privateinnahmen verzichtete.

Faraday hat besonders in England, dann aber in der wissenschaftlichen Welt überhaupt, eine Stellung erlangt, die fast mit der Stellung Newton's verglichen werden kann, und in Beziehung auf die Fortbildung der fundamentalen physikalischen Anschauungen darf man ihn jedenfalls als den direkten Nachfolger Newton's bezeichnen, ein Nachfolger freilich, dessen Schöpfungen zum grossen Theile auf eine Aufhebung der Fundamente seines Vorgängers hinausliefen. Einiges haben die beiden Fürsten der Wissenschaft in der That mit einander gemein. Das ist vor Allem die volle geistige Unabhängigkeit von jeder Schule und ihrem die Geister bindenden Gedankenkreise, die volle Selbstständigkeit des Sehens und Denkens gegenüber den landläufigen und augenblicklich geltenden Schultheorien und Schulmeinungen, die unerschrockene

Nichtbeachtung der augenblicklichen Lieblingshypothesen und Neigungen der Menge und ihres Tagesbeifalls; dann aber auch zur richtigen Ergänzung solcher Sonderstellung die nöthige geistige Kraft zu vollständigen Neuschöpfungen, das originelle Genie zum Hervorbringen des Neuen, die nothwendige Zähigkeit in dem Festhalten der einmal erfassten Aufgabe auch scheinbar unüberwindlichen Schwierigkeiten gegenüber, die Energie und Arbeitsfreudigkeit während des langen Weges der Lösungen am Anfange und am Ende, sowie endlich die nöthige Lebensdauer und die Musse zur vollständigen Durcharbeitung der übernommenen grossen Aufgaben.

Im Uebrigen war der äussere Lebenslauf und die geistige Entwickelung der beiden Geistesheroen doch so unähnlich wie nur möglich. Newton trat plötzlich, nachdem er während der einen Hälfte seines Lebens seine grossen Entdeckungen in der Einsamkeit seines Colleges, seiner Klosterzelle, könnte man fast sagen, ausgereift, durch die Gunst eines hochgestellten Schülers und Freundes in eine hohe, einfluss- und einkommenreiche Staatsstellung ein, um die zweite Hälfte seines langen Lebens mit allen Machtmitteln seines Amtes der Ausbreitung seiner Lehre zu widmen, und er hat diese Mittel so benutzt, dass er während der letzten drei Jahrzehnte seines Lebens, wo er Präsident der Royal Society war, keinen Nebenbuhler, ja kaum noch einen Andersgläubigen auf dem Gebiete der Wissenschaft neben und um sich hatte.

Faraday dagegen ist stetig von Anfang seiner Laufbahn bis ans Ende gestiegen, aber während er in der Wissenschaft den höchsten Gipfel erreichte, blieb seine bürgerliche und überhaupt seine äussere Stellung auf bescheidener Höhe, und ein Herrscher war er nur im Reiche der Ideen. Ueberhaupt war bei ihm die wissenschaftliche Entwickelung von seiner gesellschaftlichen, und der wissenschaftliche Einfluss von seinem gesellschaftlichen so sehr getrennt, wie vielleicht sonst bei keinem Gelehrten. Faraday hat niemals ein College oder eine Universität besucht, keine Universitätstitel oder akademische Würden bezeugten seine Fähigkeiten, er hat niemals einflussreiche Schulfreunde sich erworben und keine hohen Gönner haben ihm den Weg erleichtert. Sein Meister Davy hat ihn in seine Stellung in der Royal Institution emporgehoben, hat aber doch nie vergessen, dass Faraday sein ehemaliger Flaschenspüler war. Als Faraday im Jahre 1824 in die Royal Society aufgenommen werden sollte, und das zur Anerkennung seiner Stellung auch lebhaft wünschte, war Davy sein grösster Gegner, der als Präsident der Gesellschaft Faraday sogar zur Zurücknahme seines Aufnahmegesuches zu bewegen und seine Wahl zu hintertreiben suchte. Es soll diese Bewerbung die einzige gewesen sein, die Faraday jemals unter-

nommen; später lehnte er grundsätzlich alle wissenschaftlichen Ehrenämter, soweit sie Arbeit oder Repräsentation von ihm erforderten, direkt ab. Die Mitgliedschaft des Senats der Universität London nahm er zwar an und erfüllte die Pflichten derselben gewissenhaft, aber zur Uebernahme der Präsidentschaft der Royal Society, deren äusserer Glanz so viele angezogen hätte, war er trotz vielen Zuredens seiner Freunde nicht zu bewegen. Er sprach seinen zuredenden Freunden von der Arbeit, die mit dem Amte verknüpft sein würde, berief sich darauf, dass es nicht in seiner Natur läge, die Dinge leicht zu nehmen, dass er gewiss, wenn er sich zum Präsidenten machen liesse, viele neue Fragen anzuregen und einige Veränderungen in Vorschlag zu bringen hätte, und dass er dabei der Klarheit seines Geistes nicht für ein einziges Jahr noch sicher sei.

Auch seine sonstigen bürgerlichen Verhältnisse haben nicht bei seinem Emporsteigen geholfen, sondern vielmehr eine verhältnissmässige Vereinsamung des Gelehrten und damit eine ruhige Arbeitszeit bedingt. Am meisten trug dazu die von Vater und Mutter ererbte Zugehörigkeit zu der abgeschlossenen kleinen kirchlichen Sekte der Sandemanianer bei, die ihn in vielen Beziehungen von der Gemeinschaft, vor Allem von der vornehmen Gesellschaft seines Landes, isolierte. Diese von einem Mr. Sandeman im vorigen Jahrhundert gegründete kleine kirchliche Gemeinschaft schloss sich enger als alle anderen an das Urchristenthum auch in socialer Beziehung an. Die Sandemanianer waren ohne besondere besoldete Geistliche, behielten Liebesmahl und Bruderkuss bei, verabscheuten an ihrer Nahrung „Blut und Erwürgtes“ und mussten etwaige Ueberschüsse ihres Vermögens stets zur Verfügung für arme Brüder halten. Aus dieser Gemeinde wählte Faraday seine Frau, die Tochter eines ihrer Aeltesten, und vom Jahre 1840 hielt er selbst längere Jahre den Gottesdienst der Gemeinde als Aeltester ab und stand dem Liebesmahl der Brüder vor. Der Text seiner ersten Andachtsrede war bezeichnenderweise: „Lernet von mir, denn ich bin sanftmüthig und von Herzen demüthig.“ Faraday nahm auch an politischen, socialen oder philantropischen Bestrebungen wohl Interesse, aber doch keinen weiteren öffentlichen thätigen Antheil. Dagegen war er keineswegs ungesellig und betheiligte sich bei Gelegenheiten an Vergnügungen, wie er z. B. an den Diners der Royal Institution nicht ungern und auch nicht selten Theil nahm.

Faraday's einsame Stellung war insofern eigenthümlich, als sie nicht mit zunehmendem Alter und wachsender Bedeutung und Häufung seiner Arbeiten sich nach und nach erst herausbildete, sondern als sie von Anbeginn seiner Laufbahn an mit seinen Verhältnissen gegeben war. Ob das ein

Nachtheil für ihn oder für die Wissenschaft war, brauchen wir nicht zu untersuchen, jedenfalls wäre die Entwickelung seiner wissenschaftlichen Persönlichkeit und seiner Theorien, so wie sie nun einmal beschaffen, ohne eine gewisse Abgeschlossenheit nicht möglich gewesen. Newton's Lehre von den primitiven, der Materie eingeborenen Kräften, welche die letzten Ursachen aller physikalischen Erscheinungen bilden sollten, war damals so sehr zum Dogma geworden und hatte bis dahin so sehr in ihrer Begründung sich aller Kritik überlegen gezeigt, dass ein in diesen Anschauungen aufgezogener, in der Schule mit ihnen angefüllter Jünger der Wissenschaft kaum jemals oder doch erst in späten Entwickelungsstufen sich derselben hätte entziehen können. Ein mit den übrigen Physikern durch Schulfreundschaft, durch gemeinsame Vereinsthätigkeiten, durch Gönnerschaften, durch gesellschaftliche oder familiäre Bande vielfach zusammenhängender Gelehrte hätte vielleicht kaum den frischen Muth gefunden von der gemeinsamen wissenschaftlichen Grundlage aller seiner Freunde gleich von vornherein ohne weiteres abzusehen, und mindestens hätte er seine abweichenden Anschauungen gleich von vorn herein allgemein in überzeugender Weise begründen, in ihrem Verhältniss zu den herrschenden sorgsam feststellen und den zahlreichen wohl- oder auch übelmeinenden Einwendungen gegenüber sorgsam und achtungsvoll vertheidigen zu müssen.

Durch die Einsamkeit seiner Stellung und die Unabhängigkeit seines Geistes war Faraday allen diesen nur zeitraubenden Momenten vorerst enthoben. Fast vom Anfange seiner physikalischen Arbeiten an sah er von einer Benutzung der Newton-schen Kraftvorstellungen bei der Erklärung der elektischen Erscheinungen ab, und gleich in seiner ersten glänzendsten Abhandlung über die Induction kann man das Auftreten der ihm eigenthümlichen Idee der Kraftlinien bemerken. Aber obgleich er später für seine Person selbst die Schwerkraft in Bezug auf ihre direkte Fernwirkung in Experimenten wenigstens anzuzweifeln sich erlaubte, so hat er doch niemals gegen die alte Newton'sche Physik polemisirt, er hat weder die alte Physik angegriffen, noch seine neuen Ideen ihr gegenüber vertheidigt. Er stellte seine Entdeckungen nach seinen Anschauungen, die nur vermittelte Fernwirkungen zuliessen, dar und übergab dieselben ohne Furcht und Zagen der Oeffentlichkeit; aber er versuchte nicht die Annahme seiner Meinung durch den Umsturz des Alten zu beschleunigen und liess es jedem frei, ob er das Neue annehmen wollte oder nicht. Faraday war nicht ohne Leidenschaft. Er hat sich im Anfange seiner Laufbahn mehrfach gegen Prioritätsuntersuchungen, die seine völlige wissenschaftliche Offenheit anzweifelten, mannhaft vertheidigt und hat auch unberufene wissenschaftliche Dilet-

tanten kräftig abgewiesen, aber einen eigentlich wissenschaftlichen Streit hat FARADAY, ganz unähnlich seinem grossen Landsmann NEWTON, nie geführt, und in wissenschaftlichen Kämpfen hat er seine Kraft und Zeit nicht verbraucht.

Diese Enthaltung FARADAY's von allen wissenschaftlichen Kämpfen, das völlig objective Verhalten des Autors gegenüber seinen eigenen Werken hatte jedenfalls den Vortheil, dass auch von Anderen der Autor und seine Schöpfungen selbst mehr als sonst objektiv beurtheilt und die letzteren bis zu einem gewissen Grade auch von denen günstig aufgenommen wurden, die noch unbedingte Anhänger der Alten blieben, und das war zuerst wohl die bei weitem grösste Zahl der Physiker. FARADAY hat direct keine eigene Schule gegründet, er sah nicht einen Kreis ihm allein ergebener und ihn allein bewundernder Schüler um sich versammelt, die ihrem Propheten zum Ruhme alle Andersdenkenden zu vertilgen drohten, dafür aber haben statt der Menge gerade die bedeutendsten Geister unter den Physikern sich bemüht, seine Ideen weiter zu entwickeln und zu verbreiten, und jetzt Jahrzehnte nach seinem Tode schreibt mit der Elektricität die gesammte Physik FARADAY's Namen auf ihre Fahne.

Gehen wir nach dieser etwas lang gewordenen Schilderung des seltenen Charakters unseres Helden zu einer nur kurz noch möglichen Andeutung des Entwickelungsganges seiner Werke über.

FARADAY war ein explosives Genie; wie er im Anfange der zwanziger Jahre mit einer epochemachenden Entdeckung als Chemiker aufgetreten, so eröffnete er im Anfange der dreissiger Jahre seine physikalische Carriere mit einer Entdeckung ersten Ranges, mit der Entdeckung der Induction galvanischer Ströme. Den dabei verfolgten Gedankengang deutet FARADAY in seiner ersten am 24. November 1831 in der Royal Society gelesenen Abhandlung [1]) in folgender kurzen Weise an: „Die der Reibungselektricität eigenthümliche Fähigkeit, einen entgegengesetzt elektrischen Zustand in ihrer Nähe hervorzurufen, bezeichnet man allgemein mit dem Namen Induction. Da derselbe in die wissenschaftliche Sprache aufgenommen worden ist, so wird er auch in demselben allgemeinen Sinne für die Fähigkeit elektrischer Ströme gebraucht werden können, in den ihnen unmittelbar benachbarten Körpern einen eigenthümlichen, letzteren bis dahin fremden Zustand hervorzurufen. Gewisse In-

[1]) Philosophical Transactions 1831; deutsch in Poggendorff's Annalen XXV, 1832: auch in Experimental-Untersuchungen über Elektricität von M. FARADAY, übersetzt von S. KALISCHER, I. B.d, Berlin 1889, S. 1.

ductionswirkungen elektrischer Ströme, wie die der Magnetisirung, sind auch bereits erkannt und beschrieben worden. Allein es war unwahrscheinlich, dass hiermit die Inductionswirkungen elektrischer Ströme erschöpft sein sollten, besonders deshalb, weil die bisher bekannten fast nur beim Eisen sich zeigen, und somit eine unbegrenzte Anzahl von Körpern übrig blieb, auf welche, obwohl sie der Induction der Spannungselektricität zweifellos unterworfen sind, eine Inductionswirkung der strömenden Elektricität bisher nicht nachgewiesen worden ist. Diese Erwägungen und die daraus geschöpfte Hoffnung, Elektricität durch gewöhnlichen Magnetismus hervorzurufen, haben mich zu verschiedenen Zeiten angeregt, Versuche anzustellen zur Erforschung der Inductionswirkungen elektrischer Ströme. Endlich bin ich zu positiven Resultaten gelangt, und ich sehe nicht nur meine Hoffnung erfüllt, sondern glaube auch einen neuen Zustand entdeckt zu haben, welcher wahrscheinlich in einigen der wichtigsten Wirkungen elektrischer Ströme eine grosse Rolle spielt."

Aus diesen Worten liesse sich schliessen, dass Faraday's Erwägungen mit der Induction galvanischer Ströme durch Magnete, wie er sagt, mit der Magnetinduction begonnen hätten, in der Aufzählung seiner Versuche indessen geht er von der Induction durch Ströme, der Voltainduction aus. Zur Constatirung einer solchen wickelte er einen 26 Fuss langen und $^1/_{20}$ Zoll dicken Draht um einen Hohlcylinder in Form einer Spirale auf und isolirte die einzelnen Windungen durch dazwischen gelegten dünnen Zwirnfaden. Diese Spirale wurde mit Kaliko bedeckt, und ein zweiter Draht in gleicher Weise darüber gewickelt. Auf diese Weise wurden zwölf Spiralen von durchschnittlich siebenundzwanzig Fuss Drahtlänge, sämmtlich in derselben Richtung gewunden, über einander gelegt. Die Enden der ersten, dritten, fünften, siebenten, neunten und elften dieser Spiralen wurden mit einander verbunden, so dass sie eine einzige Spule bildeten; in ähnlicher Weise wurden die anderen unter sich verbunden, so dass im Ganzen zwei eng in einander eingeschlossene Spulen von je hundert und fünfzig Fuss Drahtlänge erhalten wurden, die in demselben Sinne gewunden waren, ohne sich irgendwo zu berühren. Eine dieser Spulen wurde mit einem Galvanometer verbunden, die andere mit einer Volta'schen Säule von zehn vierquadratzölligen Plattenpaaren; allein es konnte gegen alles Erwarten auch nicht die geringste Ablenkung der Galvanometernadel wahrgenommen werden. Aehnliche Spiralen, deren jede sogar 203 Fuss Länge hatte, und durch deren eine der Strom von 100 Plattenpaaren gesandt wurde, zeigten ganz dasselbe Resultat. Solange der Strom ununterbrochen durch die eine Spirale hindurchging, konnte

weder am Galvanometer, noch sonst eine Inductionswirkung auf die andere Spirale wahrgenommen werden. Nur in dem Augenblicke, wo die Kette geschlossen wurde, zeigte sich bei besserer Aufmerksamkeit eine plötzliche, aber sehr schwache Wirkung am Galvanometer, und dasselbe trat ein im Moment der Unterbrechung des Stromes. Eine Wiederholung der Versuche mit einer Batterie von hundert und zwanzig Plattenpaaren brachte keine anderen Wirkungen hervor, aber es wurde hierbei festgestellt, dass die geringe Ablenkung der Nadel im Moment des Stromschlusses stets in einer und derselben Richtung erfolgte und die gleich geringe Ablenkung im Moment der Stromunterbrechung in der entgegengesetzten Richtung.

Da nun Faraday auch mit der Annäherung eines Magneten an eine Kupferdrahtspule ähnliche Resultate erhielt, so nahm er nach längerem Ueberlegen diese momentanen Ablenkungen der Nadel als Wirkungen der Induction an und kam zu dem zuerst befremdlichen Resultate, dass allerdings jeder galvanische Strom in einem nahen geschlossenen Leiter einen anderen Strom inducirt, dass aber dessen Dauer nur eine augenblickliche ist, und dass er mehr den Charakter einer elektrischen Welle, wie sie bei der Entladung einer Leydener Flasche entsteht, als den eines galvanischen Stromes an sich trägt.

Faraday untersuchte hierauf die entdeckten momentanen Inductionsströme nach allen Seiten mit erstaunlichem Scharfsinn und Erfolg. Er stellte fest, dass dieselben wie beim Schliessen und Oeffnen des Stromes auch bei einer Annäherung und Entfernung der Ströme erfolgten, dass ein Magnet beim Annähern und Entfernen ganz diesen Wirkungen wie eine Stromspule nur in etwas längeren Zeiten hervorbrachte, und dass die inducirten Strömungen ganz dieselben Wirkungen wie die primären Ströme hatten, abgesehen von den Wirkungen, die durch die immerwährende Umkehrung der Ströme sich fortwährend aufheben müssen. Die Erklärung der merkwürdigen Erscheinungen aber, dass der inducirte Strom nicht beim ruhigen Fliessen des Stromes, sondern nur bei Zustandsänderungen des inducirenden entsteht, wollte doch nicht vollständig gelingen. Faraday nahm an, dass der sekundäre Draht durch die Wirkung des primären Stromes in einen Zustand versetzt werde, bei dem er die Bildung elektrischer Ströme in sich verhindere, so dass solche Ströme nur zu Anfang und Ende dieses Zustandes entstehen könnten. Doch konnte er besondere Eigenschaften an seinen Leitungsdrähten, die in diesem Zustande sich befanden, nicht entdecken. Faraday nannte diesen Zustand den elektrotonischen, sprach sich aber über die

Natur desselben nicht weiter aus. Am anschaulichsten vergleicht man denselben wohl mit dem Spannungszustande eines Baumes, der vom Winde bis zu einer gewissen Grenze gebogen wird und der zurückschlägt, wenn der Wind aufhört, der also nur zu Anfang und am Ende des Spannungszustandes Bewegungen machen kann. Ohne eine gewisse Spannung ist es auch bei Faraday nicht abgegangen, wenn er auch über den Sitz dieser Spannung, ob innerhalb oder ausserhalb des Drahtes, nie ganz sicher geworden zu sein scheint und öfters geschwankt hat.

Am Ende der ersten Abhandlung macht Faraday noch auf die Möglichkeit von Inductionsmaschinen zur Erzeugung elektrischer Ströme aufmerksam, geht jedoch auf diese technische Frage nicht weiter ein, sondern wendet sich in einer zweiten Abhandlung vom Jahre 1832 [1]) zu der Induction galvanischer Ströme durch den Erdmagneten, wo er zuletzt zu der ganz allgemeinen Behauptung kommt, dass jeder sich bewegende Leiter, der die Kraftlinien der Erde durchschneidet, wie z. B. von Westen nach Osten und umgekehrt fliessendes Wasser, in sich elektrische Ströme zum Fliessen bringen muss. Der Satz zeigt, dass Faraday damals schon die Kraftlinien als hauptsächlichstes Veranschaulichungsmittel elektrischer Fernwirkungen verwandte; noch deutlicher lässt das die folgende Stelle aus jener Abhandlung erkennen [2]): „Wenn ein elektrischer Strom durch einen Draht geht, so ist dieser an allen seinen Theilen von magnetischen Curven (d. h. Kraftlinien) umgeben, deren Intensität sich mit ihrem Abstande vom Draht verringert, und welche man sich als Ringe vorstellen kann, die in Ebenen liegen, welche senkrecht zu dem Draht, oder vielmehr zu dem in ihm fliessenden Strome stehen. Diese Curven, obschon von anderer Gestalt, sind doch vollkommen analog denjenigen, welche zwischen zwei gegenüberliegenden ungleichnamigen Magnetpolen existiren, und wenn ein zweiter Draht dem vom Strome durchlaufenen parallel genähert wird, so durchschneidet er magnetische Curven von genau derselben Art wie diejenigen, welche er beim Hindurchführen zwischen entgegengesetzten Magnetpolen in einer bestimmten Richtung durchschneiden würde, und es müssen also hier wie dort Inductionsströme entstehen."

Faraday discutirt auch in dieser Abhandlung, d. i. im Jahre 1832, schon eine etwaige Verbreitung des Magnetismus oder besser der magnetischen Wirkungen in allen möglichen

---

[1]) Phil. Trans. 1832; deutsch in Poggendorff's Annalen XXV, 1832; auch in Experimental-Untersuchungen über Elektricität, übersetzt von Kalischer, I. Bd., Berlin 1889, S. 38.

[2]) Experimental-Untersuchungen, I. Bd., S. 60.

Substanzen, kommt aber hier noch zu dem Resultat, dass der Magnet in der Ruhe doch nur auf wenige Stoffe, wie Eisen, Nickel und Kobalt, wirke. Solche Bemerkungen, die auf neue theoretische Anschauungen deuten, stehen hier noch ganz vereinzelt und ohne dass auf eine besondere Bedeutung derselben hingewiesen würde, doch sind sie für den Gang von Faraday's Ideen charakteristisch.

Zunächst kam Faraday im Jahre 1833 [1]) wieder auf die Aehnlichkeit des inducirten Stromes mit der elektrischen Welle aus einer Leydener Flasche zurück, und diese Aehnlichkeit der galvanischen mit der statischen Elektricität liess ihn die Frage nach der Wesensidentität oder Nichtidentität aller der aus verschiedenen Quellen stammenden Elektricitäten zur endgültigen Entscheidung bringen. Er fand, dass die mannigfachen Wirkungen der Elektricität sich auf Anziehungen und Abstossungen, Wärmeentwicklungen, magnetische Einflüsse, chemische Zersetzungen, physiologische Erscheinungen und elektrische Lichtfunken reduciren lassen und probirte nun die unterschiedlichen Arten der Elektricität, die gewöhnliche, die galvanische, die Magnetoelektricität, die Thermoelektricität und die thierische auf ihre Fähigkeiten jene Wirkungen hervorzubringen der Reihe nach durch. „Der allgemeine Schluss, sagt er am Ende dieser Prüfung, welcher, wie ich glaube, aus dieser Summe von Thatsachen gezogen werden muss, ist der, dass alle Elektricität, welcher Quelle sie auch entstammen mag, ihrem Wesen nach identisch ist. Die fünf aufgeführten Formen oder Arten von Phänomenen unterscheiden sich nicht in ihrem Wesen, sondern nur dem Grade nach, und in dieser Beziehung variiren sie je nach den veränderlichen Bedingungen in Quantität und Intensität [2]), welche bei fast jeder der Elektricitätsarten unter sich nach Belieben ebenso stark verändert werden können, als sie sich von Art zu Art ändern.“

Diese Erklärung des verschiedenen Verhaltens der verschiedenen Arten der Elektricität durch die Verschiedenheit ihrer Quantitäten und ihrer Spannungen führte zu weiteren Versuchen sichere Methoden des Messens für diese Factoren, besonders die Quantität oder Stromintensität, wie wir jetzt sagen, zu finden. Zu diesem Zwecke stellte Faraday

---

[1]) Phil. Trans. 1833; deutsch in Pogg. Ann. XXIX, 1833; in Experimental-Untersuchungen, I. Bd., Berlin 1889, S. 68.

[2]) Faraday gebraucht den Namen Intensität noch in der von seinem Lehrer Davy (S. 62) angenommenen Bedeutung, er ist also dem modernen Ausdruck Spannung gleich zu setzen.

elektrische Batterien aus verschiedenen Anzahlen gleicher Leydener Flaschen, die er gewissermaassen als Maasseinheiten gebrauchte, zusammen, führte den Entladungsschlag dieser Batterien durch die Windungen eines gewöhnlichen Nadel-Galvanometers, und sicherte die Wirkung des Schlages dadurch, dass er die Geschwindigkeit desselben im Entladungskreis durch Einfügen eines feuchten Fadens verlangsamte. Durch Combinationen verschiedener Anzahlen von Flaschen und Anwendung dünnerer oder dickerer Widerstandsfäden gelangte er zu dem fundamentalen Satze, dass die Ablenkung der Galvanometernadel immer gleich ist, wenn nur dieselbe absolute Quantität von Elektricität durch die Strombahn hindurchgeht, welches auch die Spannung derselben sein mag. Damit aber war ihm auch die Möglichkeit einer Vergleichung der gewöhnlichen und der Galvani'schen Elektricität ihrer Quantität nach gegeben, wenn er nur durch eine Volta'sche Batterie denselben Ausschlag der Galvanometernadel wie durch die Batterie von Leydener Flaschen erzeugte. Auch durch die chemischen Wirkungen wusste Faraday die beiden Elektricitätsarten auf ähnliche Art zu vergleichen. Er führte zu dem Zwecke nur den Galvani'schen Strom und danach den Entladungsschlag der Leydener Batterie durch einen Platindraht, der am Ende zu einem kleinen Kreise zusammengebogen war. Dieser kleine Kreis berührte das oberste von vier übereinandergelegten und mit Jodkaliumlösung getränkten Reagenzpapierstücken, deren unteres auf einem Platinspatel lag, durch den die Elektricität zur Batterie zurückgeführt wurde. Die Gleichheit der Wirkungen schätzte er nach der gleichen Grösse und Farbe des entstehenden Jodfleckes und gelangte so zu dem jenem ersten entsprechenden Satze, dass die chemische ebenso wie die magnetische Kraft der absoluten Quantität der wirksamen Elektricität direct proportional ist. Dass er dabei auf eine ganz ungeheure Verschiedenheit der elektrischen Quantitäten im Galvani'schen Strom und im Entladungsschlage der Leydener Batterie kam, machte ihn nicht irre, da seine Resultate unangreifbar sicher erschienen.

Mit diesen Versuchen war Faraday nun auch bei dem Zusammenhang der elektrischen Kräfte mit der chemischen Affinität, bei der Betrachtung der chemischen Eigenschaften der Elektricität angelangt; einer Betrachtung, die ihm dem ganzen Gange seiner wissenschaftlichen Entwicklung nach besonders interessiren musste, und die auch für seine Auffassung des Verhältnisses der Naturkräfte von besonderer Wichtigkeit wurde. Bevor er aber seine vielfältigen Untersuchungen über die elektrochemischen Zersetzungen vollendete und veröffentlichte, sandte er Untersuchungen über das dabei in Betracht kommende Leitungsvermögen der Körper

und der Flüssigkeiten insbesondere voraus.[1]) Hierin constatirte er den viel besprochenen und viel berufenen Unterschied zwischen der metallischen Leitung der festen Körper und der elektrolytischen Leitung der Flüssigkeiten, wonach in Flüssigkeiten die Elektricität nicht, wie in Metallen, durch die Materie hindurch, sondern nur mit der Materie oder vielmehr mit deren Zersetzungsproducten fliesst und also nicht ohne chemische Zersetzungen geleitet werden kann.

Bei den im Jahre 1833 folgenden Veröffentlichungen über die chemische Zersetzung durch den elektrischen Strom[2]) aber treten nun auch schon Faraday's eigene Ansichten über das Wesen der Naturkräfte, seine Abneigung und seine Ungläubigkeit in Bezug auf jede unvermittelte Wirkung der Körper in die Ferne, jede actio in distans, klarer hervor. Faraday polemisirt nachdrücklich gegen den Ausdruck Pole des elektrischen Stromes und gegen die Ansicht, als ob die Wirkung des galvanischen Stromes auf die Flüssigkeiten, durch welche er hindurchgeht, von einer Anziehung herrühre, die unmittelbar von einem Punkte durch die Flüssigkeit hindurch bis zu einem anderen Punkte wirke. Faraday meint, dass hier weder von einer Anziehung zweier Pole, noch von Polen selbst die Rede sein könne; die Zersetzungen gingen durchaus nicht durch Anziehungen und Abstossungen gewisser Punkte, sondern nur durch ein Aufheben oder Neutralisiren der chemischen Affinitäten in der ganzen Stromlinie vor sich. „Was wir einen elektrischen Strom nennen, sagt er, ist eine Achse von Kraft, die in entgegengesetzter Richtung mit entgegengesetzten Kräften zu absolut gleichem Belauf wirkt. Die elektrische Zersetzung beruht auf einer in der Richtung des elektrischen Stromes ausgeübten, inneren Corpuscular-Attraction, und rührt von einer Kraft her, die entweder hinzugekommen ist, oder der gewöhnlichen chemischen Affinität der vorhandenen Körper bloss Richtung giebt. Ich setze voraus, dass die Wirkung von einer, von der Elektricität verursachten Modification in den chemischen Verwandtschaften bei den Partikeln herrührt, welche Modification darin besteht, dass die chemische Verwandtschaft stärker nach der einen als nach der andern Seite wirkt, und sie (die Partikel) dadurch zwingt, durch eine neue Reihe von neuen Vereinigungen und neuen Trennungen in entgegengesetzter Richtung zu gehen und zuletzt an der Grenze des in Zersetzung befindlichen Körpers ihre Expulsion verursacht.“

---

[1]) Phil. Trans. 1833; deutsch in Pogg. Ann. XXXI, 1834; in Experimental-Untersuchungen, Berlin 1889, Bd. I, S. 99.

[2]) Phil. Trans. 1833; deutsch in Pogg. Ann. XXXII, 1834; in Experimental-Untersuchungen, Berlin 1889, I. Bd., S. 114.

In der Fortsetzung dieser Abhandlung von 1834[1]) gab Faraday dann auch, um die ihm unpassend erscheinenden alten Namen ganz zu eliminiren, seine neue Terminologie für die Elektrolyse und gründete auf die elektrolytischen Eigenschaften des Stromes ein neues genaues Maassinstrument für die Stromintensität, das Voltameter. Mit Hülfe dieses Instruments verglich er nochmals die elektrischen Kräfte der gewöhnlichen und galvanischen Elektricität und fand abermals für dies Verhältniss so grosse Zahlen, dass er sich fast scheute, dieselben zu nennen; denn zur Zersetzung auch nur eines Grans[2]) Wasser zeigte sich die Entladung von nicht weniger als achthundert grossen Leydener Flaschen nöthig. Gerade diese grossen Zahlen aber mussten ihn dazu führen, in der chemischen Kraft die Quelle der in den Batterien entwickelten Elektricität zu suchen. Der grosse Streit zwischen der Contact- und der chemischen Theorie der galvanischen Elektricität, der seit Jahrzehnten tobte, schien seiner Zeit, nach der Verbesserung der trockenen Säulen, sich zu Gunsten der Contacttheorie zu wenden. Faraday aber kam, indem er die Effecte der direct wirkenden chemischen Verwandtschaftskräfte von Metallen und Säuren mit den Effecten der durch diese Kräfte erzeugten Elektricitäten verglich, zu der gegentheiligen Ueberzeugung, dass die elektrischen Kräfte nur andere Formen der chemischen seien. Noch in einer Abhandlung ebenfalls von 1834 über die Volta'sche Säule[3]) sprach er dieses Resultat mit einer ihm sonst fremden Sicherheit aus. „Alle diese Thatsachen, sagt er dort, zeigen uns, dass die gewöhnlich als chemische Verwandtschaft bezeichnete Kraft mittelst der Metalle und gewisser Kohlenarten in die Ferne übertragen werden kann, dass der elektrische Strom bloss eine andere Form der chemischen Verwandtschaftskräfte ist, dass seine Kraft den ihn erzeugenden chemischen Affinitäten proportional ist, dass mit andern Worten, die als chemische Affinität und Elektricität bezeichneten Kräfte ein und dasselbe sind. Wir haben es, wie es scheint, in vielen Fällen von chemischer Verwandtschaft (wie bei der vom Zink mit dem Sauerstoff des Wassers u. s. w.) bis zu einem gewissen Grade in der Hand, zu entscheiden, welche von den beiden Wirkungsarten der Anziehungskraft ausgeübt werden soll. Bei der einen Art können wir die Kraft fortleiten und sie irgendwo das Aequivalent ihrer Wirkung ausüben lassen, bei der andern wird sie nicht fortgeleitet, sondern

---

[1]) Phil. Trans. 1834; deutsch in Pogg. Ann. XXXIII, 1834; in Experimental-Untersuchungen, Berlin 1889, I. Bd., S. 117.

[2]) 1 Gran ist ohngefähr 0,065 g; zur Zersetzung von 1 g Wasser würden also ohngefähr 12 462 jener Flaschen nöthig sein.

[3]) Phil. Trans. 1835; deutsch in Pogg. Ann. XXXV, 1835; in Experimental-Untersuchungen, I. Bd., Berlin 1889, S. 235.

äussert sich ganz und gar an dem Entstehungsorte. Das erste ist der Fall der voltaelektrischen Erregung, das andere der gewöhnlichen chemischen Verwandtschaft, aber beide stammen von einem Princip her."

Nach dieser Abhandlung von 1834 über die Volta'sche Säule aber springt plötzlich das Thema von Faraday's elektrischen Abhandlungen scheinbar ganz unmotivirt wieder zurück auf die Inductionserscheinungen; doch lässt sich bei mehrerem Zusehen auch hier der Zusammenhang erkennen. Die chemischen Kräfte sind sicher keine fernwirkenden, sondern nur vermittelt, von Molecül zu Molecül, sich fortpflanzende Kräfte; sind dieselben mit den elektrischen identisch, so muss man wohl annehmen, dass auch diese letzteren nur vermittelt durch das Zwischenmedium in die Ferne wirken. Als ein äusseres Unterscheidungszeichen der vermittelt oder unvermittelt in die Ferne wirkenden Kräfte giebt Faraday vor Allem die gradlinige oder krummlinige Fortpflanzungsart derselben an. Die offenbarste elektrische Fernwirkung, die man fast von ihrem ersten Bekanntwerden nur als eine unvermittelte actio in distans angesehen hatte, war die elektrische Influenz, und diese musste darum zu allererst auf das angedeutete Kennzeichen hin untersucht werden.

Die Vollendung der Untersuchungen nahm diesmal längere Zeit als sonst in Anspruch und ihre Veröffentlichung erfolgte erst im Jahre 1838 [1]), dementsprechend aber zeigen die Ideen Faraday's über die Natur der elektrischen Kräfte nun auch wieder einen sehr bedeutenden Fortschritt. „Die Elektricitätslehre, so heisst es jetzt, befindet sich in einem Stadium, in welchem alle ihre Theile eine experimentelle Untersuchung verlangen. Den Physikern, welche der Forschung mit Eifer, aber auch mit Bedächtigkeit obliegen, welche bei dem Experiment die Analogie nicht ausser Acht lassen, gegen ihre vorgefassten Meinungen auf der Hut sind, sich mehr vor einer Thatsache als vor einer Theorie beugen, nicht überall verallgemeinern und vor Allem bereit sind, bei jedem Schritte ihre Meinungen durch Ueberlegung und Versuche immer wieder durchzuprüfen, kann kein Zweig der Wissenschaft ein schöneres und ergiebigeres Entdeckungsfeld bieten als dieses. Chemie und Magnetismus haben nach einander ihren überwiegenden Einfluss anerkannt und wahrscheinlich werden schliesslich alle Erscheinungen der Kräfte der unorganischen Natur und vielleicht auch die meisten des Pflanzen- und Thierlebens sich ihr untergeordnet erweisen. Unter den mannigfachen Wirkungen

---

[1]) Phil. Trans. 1838 (gelesen 21. Dec. 1837); deutsch in Pogg. Ann. XLVI, 1838; in Experimental-Untersuchungen, I. Bd., Berlin 1889, S. 323.

der Elektricität, die man herkömmlich unterscheidet, ist, glaube ich, keine, welche an Wichtigkeit überragt, oder auch nur gleichkommt derjenigen, welche man Induction nennt. Ihre Erforschung ist so wichtig, dass wir, wie ich glaube, ohne eine tiefere Einsicht in ihre Natur in der Erforschung der Elektricitätsgesetze nicht weiter vordringen können."

Diese Induction, und zwar vorerst die elektrostatische Induction oder Influenz, wird dann vor Allem nach zwei Seiten hin untersucht, erstens, wie schon bemerkt, danach, ob die Induction in graden oder krummen Linien geschieht und zweitens danach, ob das Zwischenmedium zwischen dem inducirenden und dem inducirten Körper auf die Induction von Einfluss ist oder nicht. Was das erstere Moment betrifft, so hielt Faraday die krummlinige Verbreitung der Induction schon dadurch für erwiesen, dass er beobachtete, wie die Induction direct hinter einem Schirm aus leitender Substanz, der vor den elektrisirten Körper gesetzt wurde, sich unmerklich, etwas weiter hinter dem Schirm aber oder nahe dem Rande desselben von merklicher Grösse zeigte. Zu der Entscheidung der zweiten Frage war schon die Thatsache genügend, dass leitende Körper Inductionswirkungen gegenüber sich undurchlässig erweisen. Zur genaueren Untersuchung aber des Einflusses nicht leitender Medien oder der Dielectrica, wie Faraday dieselben, weil sie die Inductionsstrahlen durchlassen, nannte, baute er sich kugelförmige Apparate mit doppelten Wänden, die im Wesentlichen Leydener Flaschen waren, bei denen er aber den Zwischenraum zwischen den beiden Belegungen statt mit Glas mit allen möglichen Nichtleitern, auch mit beliebigen Gasen, ausfüllen konnte. Von diesen Apparaten gebrauchte er bei seinen Untersuchungen der Vergleichung wegen immer gleichzeitig zwei ganz gleiche Exemplare, die nur durch die zwischen den Belegungen befindlichen Füllungen sich unterschieden. Er lud zuerst den einen Apparat, theilte diese Ladung zwischen den beiden Apparaten und untersuchte dann mit Hülfe eines Probescheibchens und der Coulomb'schen Drehwaage die nun auf jedem Apparat vorhandenen Ladungen. Waren beide Apparate in gleichem Zustande, so halbirte sich bei jeder Theilung die Ladung. War aber der erste Apparat mit atmosphärischer Luft gefüllt, der zweite zur Hälfte mit Schellack ausgegossen, so fand Faraday bei einer Ladung der Luftflasche, welche 290 Graden der Drehwaage proportional war, nach der Theilung auf jeder der inneren Kugeln zwar die gleiche Ladung, aber nur proportional einer Grösse von 114 Grad. Der scheinbare Verlust an Elektricität konnte nur von einer Bindung derselben durch die Schellacklagen des zweiten Apparats oder vielmehr von einer stärkeren bindenden Kraft dieser Substanz als der Luft herrühren. Da nun weitere zahl-

reiche Versuche die Verschiedenheit der Elektricität bindenden Kraft oder des specifischen Inductionsvermögens für verschiedene Substanzen bestätigte, so schloss Faraday wieder, dass die elektrische Influenz von dem Medium abhängig sei und also auch darum nicht als eine unvermittelte Fernwirkung angesehen werden dürfe.[1])

„Sonach scheint die Induction, sagt dann Faraday resumirend am Schlusse der Abhandlung, im Wesentlichen eine Wirkung aneinanderstossender Theilchen zu sein, durch deren Vermittelung die an einem bestimmten Orte entstehende Kraft in krummen Linien bis zu einer gewissen Entfernung fortgepflanzt wird, wo sie als eine Kraft derselben Art von genau gleichem Betrage, aber von entgegengesetzter Richtung und Tendenz erscheint. Die directe Inductionskraft, welche, wie man sich vorstellen kann, in Linien zwischen den beiden geladenen, begrenzenden Leiterflächen ausgeübt wird, ist von einer lateralen oder transversalen Kraft begleitet, welche einer Verschiebung oder Abstossung dieser Linien äquivalent ist, oder es ist die Anziehungskraft zwischen den Theilchen des Dielectriums in der Richtung der Induction begleitet von einer Abstossungs- oder Divergenzkraft in transversaler Richtung. Die Ausdrücke Linien der Inductionskraft und krumme Kraftlinien habe ich dabei bloss in einem allgemeinen Sinne gebraucht, ebenso wie wir von magnetischen Kraftlinien reden. Die Linien sind fingirt, und die Kraft an irgend einem Orte derselben ist die Resultante von Componenten, die sich aus den Relationen eines jeden Molecüls zu jedem anderen Molecül durch die Spannung und Reaction der an sie in allen Richtungen angrenzenden ergeben. Die Transversalkraft ist nichts Anderes als eine solche, quer zu den Linien der Inductionskraft vorgestellte Relation, und vorläufig verstehe ich nichts weiter unter diesem Ausdruck. Was ich im Augenblick ängstlich zu vermeiden wünsche, ist, dass man den von mir gebrauchten Ausdrücken eine speciellere Bedeutung beilege, als ich beabsichtige. Fernere Untersuchungen werden, hoffe ich, uns allmählich in den Stand setzen, den Sinn derselben mehr und mehr einzuschränken. Endlich kann ich nicht umhin auszusprechen, dass ich meine eigene Ansicht mit Zweifel und Besorgnis, ob sie einer allgemeinen Prüfung Stand halten werde, vorgebracht habe. Ich habe sie lange mit mir herumgetragen, aber ich zögerte, sie zu veröffentlichen, bis die wachsende Ueberzeugung von ihrer Uebereinstimmung mit allen bekannten That-

---

[1]) Vergl. Rosenberger, Geschichte der Physik, III. Theil. S. 293.

sachen, und die Art, wie sie offenbar sehr verschiedenartige Effecte mit einander verknüpfte, mich antrieb, die vorliegende Abhandlung zu schreiben. Bis jetzt sehe ich keine Unverträglichkeit zwischen ihr und der Natur, sondern glaube vielmehr, dass sie in erheblichem Maasse neues Licht auf die Wirkungsart derselben werfen wird."

Die weitere Untersuchung des Einflusses des Zwischenmediums auf alle elektrischen Erscheinungen führte zu neuen wesentlichen Aufgaben. Durch die Induction wird in dem Dielectricum ein Spannungszustand hervorgerufen, der mit seinem Wachsen endlich eine Entladung bewirkt, die in ihrer Beschaffenheit wieder vom Dielectricum abhängig ist, und die nach dieser Richtung hin nun weiter erforscht werden musste. Faraday bezeichnet mit Entladung jede Fortbewegung der Elektricität und unterscheidet danach vier Arten derselben: die Entladung durch Leitung, durch Elektrolyse, durch Funken, und durch Convection.[1]) Besonders interessant erscheint unter diesen die disruptive oder Funkenentladung, weil sie besonders auffällig ist und mannigfaltig durch das Dielectricum modificirt wird. Faraday untersuchte diese Entladung unter den verschiedensten Umständen im luftverdünnten oder mit den verschiedensten Gasen erfüllten Raume[2]) und gab dadurch seit Hawksbee zum ersten Male wieder den Anstoss zu der Beobachtung dieser Entladungserscheinungen. Besonders merkwürdig erschien dabei eine neue, noch nicht beobachtete Form, die Faraday unter dem Namen der dunklen Entladung beschrieb. „Zwei Messingstäbe von 0,3 Zoll Dicke wurden von den gegenüberliegenden Seiten her luftdicht in eine Glaskugel eingelassen und mit ihren Enden in Berührung gebracht, während die Luft in der Kugel stark verdünnt war. Nun liess man eine elektrische Entladung aus der Maschine durch sie hindurchgehen, und während diese fortfuhr, trennte man die Enden der Stäbe von einander. Im Moment der Trennung erschien auf dem Ende des negativen Stabes ein andauerndes Glimmen, während das positive Ende ganz dunkel blieb. Bei Vergrösserung der Entfernung erschien ein purpurfarbener Streif oder Nebel auf dem Ende des positiven Stabs, und schritt auswärts direkt auf den negativen Stab los, er verlängerte sich bei Vergrösserung des Zwischenraums, vereinigte sich aber nie mit dem negativen Glimmlichte, vielmehr blieb immer ein kurzer dunkler Raum dazwischen übrig."

---

[1]) Phil. Trans. 1838; deutsch in Pogg. Ann. XLVII, 1839; auch in Experimental-Untersuchungen, I. Bd., Berlin 1889, S. 376.

[2]) Phil. Trans. 1838; deutsch in Pogg. Ann. XLVIII, 1839; auch in Experimental-Untersuchungen, I. Bd., Berlin 1889, S. 423.

Faraday erwartete noch grosse Dinge von einem weiteren Studium dieser Entladungserscheinungen, besonders auch für die Erkenntniss der Eigenschaften des Vacuums. Er beanspruchte zwar nicht, über die hinsichtlich eines Vacuums sich ergebenden Consequenzen jetzt schon zu entscheiden, aber er meinte doch festgestellt zu haben, dass alle elektrischen Phänomene, wie Induction, Leitung, Isolation und Entladung bedingt sind und hervorgerufen werden durch die Wirkung aneinander stossender materieller Theilchen, deren jedes polarisirt werden und durch Vermittelung wieder der anstossenden Theilchen auch in die Ferne wirken kann.

Hiermit war aber im Jahre 1838 erst die eine Hälfte der hierhergehörigen Aufgaben erledigt. Alle die über die Induction erhaltenen wichtigen Resultate bezogen sich auf statische Elektricität, jetzt blieb die Anwendung der neuen Ideen auf die Volta-Induction und die Verbreitung der magnetischen Wirkungen des galvanischen Stromes im Raum übrig, wenn eine solche Anwendung wirklich möglich war, was noch keineswegs feststand. „Ich glaube, sagt Faraday noch am Ende der letzterwähnten Abhandlung, die hypothetische Frage lässt sich gegenwärtig so formuliren: Können Betrachtungen, wie die obigen (über die mittelbare Fortpflanzung der Wirkungen der statischen Induction) auch die Transversalwirkung elektrischer Ströme erklären? Stehen vielleicht auch zwei solche Ströme bloss durch den Inductionszustand der zwischen ihnen befindlichen materiellen Theilchen in Beziehung zu einander? Wenn ein Strom entsteht, so sucht er in aller ihn umgebenden Substanz einen Strom von entgegengesetzter Richtung hervorzurufen, und wenn diese Substanz Leitungsfähigkeit besitzt und sich sonst unter geeigneten Bedingungen befindet, so entsteht ein solcher Strom. Wenn dagegen der ursprüngliche Strom unterbrochen wird, so sucht er rings um sich her einen ihm gleichgerichteten Strom zu erregen, der auch in leitenden Substanzen unter geeigneten Bedingungen wirklich erregt wird. Ist es nicht doch eine wahrscheinliche Hypothese, dass auch nicht leitende Materie (das Dielectricum) ihre Beziehungen zu der störenden Ursache habe und eine, wenn auch noch nicht aufgefundene, Einwirkung von ihr erleide; und um so wahrscheinlicher, als sich ja gezeigt hat, dass das Verhalten von Leitern und Nichtleitern nicht der Art, sondern nur dem Grade nach verschieden ist?“

Damit concentrirte sich nun das Interesse auf die Untersuchung des Verhältnisses der Kräfte der statischen Induction, die in der Richtung vom inducirenden zum inducirten Körper durch Vermittelung aller Zwischentheilchen wirken und der magnetischen Kräfte benachbarten Ströme, die senkrecht zur Richtung dieser letzteren thätig sind. Beide sind im Gegen-

satz zur Schwere polare Kräfte; ist es nicht wahrscheinlich, dass wenigstens alle polaren Kräfte in gleicher Weise, nämlich vermittelt durch alle Zwischentheilchen, in die Ferne übertragen werden? Faraday spricht sich hier schon direkt für die letztere Ansicht aus, weil bei polaren Kräften ja jede Kraft die entgegengesetzte immer nahe bei sich findet und entwickelt und daher keine Gelegenheit hat, sie in der Ferne zu suchen. Leider kam er selbst um diese Zeit bei Versuchen über die Vermittelung der magnetischen Wirkungen durch Zwischentheilchen noch zu wenig günstigen Resultaten.

Faraday war bis dahin in schnellem Laufe vorwärts gedrungen. Er hatte fast alle elektrischen Erscheinungen im Wesen einander genähert. Er hatte gezeigt, dass alle verschiedenen Erregungen nur eine Elektricität liefern und dass alle Entladungen der Elektricität nur durch das Dielektricum differentiirt werden. Er hatte den Unterschied zwischen Leitern und Nichtleitern insofern aufgehoben, als er zeigte, dass beide nur graduell dadurch verschieden sind, als sie für die Fortbewegung der Elektricität in ihnen verschiedene Spannungen gebrauchen und er hatte die freie und gebundene Elektricität auf eine Art, nämlich die gebundene, reducirt, indem er nachwies, dass auch die sogenannte freie Elektricität in ihrer Umgebung immer die entgegengesetzte Art von Elektricität induciere und sich mit dieser binde. Und endlich hatte er nach diesen Erfolgen sogar die Einheit aller Naturkräfte und das Vorhandensein eines festen Umwandlungsverhältnisses für wahrscheinlich erklärt, freilich mit einer vorläufigen Ausschliessung aller nichtpolaren Kräfte, wie der Schwere. Nur eine der polaren Kräfte widerstand ebenfalls noch hartnäckig dieser Identificirung mit den andern, dass war die Inductionskraft der galvanischen Ströme. Mit ihr war Faraday an den schwersten Punkt seiner Arbeiten angekommen und sein wissenschaftlicher Siegeslauf brach jetzt auf eine ganze Reihe von Jahren ab; erst im Jahre 1846 konnte er die Abhandlung [1]) veröffentlichen, welche bewies, dass seine Ideen von der mittelbaren Verbreitung auch der magnetischen Kräfte, d. h. von einer Möglichkeit der Magnetisation des Dielectricums, nicht ein Gebilde ausschweifender Phantasie, sondern eine der fruchtbarsten wissenschaftlichen Hypothesen gewesen sei.

Faraday gebrauchte zum Nachweis dieser Magnetisation die optischen Erscheinungen. Das Licht einer Argand'schen Lampe [2]) wurde in einem Polarisationsapparat durch irgend eine durchsichtige Substanz geleitet und das Nicol'sche Prisma so eingestellt, dass das Licht vollständig ausgelöscht wurde.

---

[1]) Phil. Trans. 1846; deutsch in Pogg. Ann. LXVIII, 1846.
[2]) Vergl. Rosenberger, Geschichte der Physik, III. Theil, S. 298.

Liess man dann magnetische Kräfte auf die durchsichtige Substanz wirken, so wurde der vorher ausgelöschte Strahl im Nicol wieder sichtbar, und um die Stellung der grössten Dunkelheit wieder zu erreichen, musste der Nicol um ein gewisses Maass gedreht werden. Die Grösse der Drehung schien der Länge der durchlaufenen, durchsichtigen Substanzen und der Stromintensität direkt proportional zu sein, mit Umkehrung der magnetischen Polarität kehrte sich auch die Richtung der Drehung der Polarisationsebene um. Da bei genügender Stromstärke alle durchsichtigen Substanzen diese Erscheinung zeigten, so hielt Faraday den Einfluss des Magneten auf alle Substanzen für gesichert und ging dazu über, diesen Einfluss auch direkt durch Bewegungen nachzuweisen. Er benutzte zu diesem Zwecke [1]) zuerst wieder sein gewöhnliches, schweres Glas und fand, indem er dasselbe leicht beweglich vor dem Pole eines sehr starken Elektromagneten aufhing, dass es von diesem abgestossen wurde. Ein längeres Stück dieses Glases stellte sich zwischen den beiden Polen eines hufeisenförmigen Elektromagneten aber nicht parallel, sondern senkrecht zu der Achse desselben ein. Eine weitere Prüfung der verschiedenartigsten Körper bewies dann weiter, dass alle bekannten festen oder flüssigen Substanzen bei genügender Stärke des Magneten von demselben beeinflusst werden, und zwar so, dass sie entweder von den beiden Polen angezogen oder von beiden abgestossen werden. Doch war dabei wahrscheinlich, dass die Abstossung der sogenannten diamagnetischen Körper nur herrühre von einer geringeren Stärke ihres Magnetismus gegenüber dem Magnetismus des sie umgebenden Mediums. Diese Untersuchung forderte die Untersuchung des magnetischen Verhaltens der Gase. [1]) Nach vielerlei Versuchen, bei denen Faraday die Gase in Röhren eingeschlossen, aber mehr die magnetischen Eigenschaften der letzteren als der ersteren beobachtet hatte, kam er auf den Gedanken, die Gase zwischen den Polen des Magneten frei ausströmen zu lassen und dieselben, wenn sie nicht gefärbt waren, durch Dämpfe von Ammoniak und Salzsäure sichtbar zu machen. Natürlich erhielt er auch hierbei nicht die magnetischen Wirkungen eines Gases allein; aber er hatte es doch immer nur mit den Differenzen der Wirkungen zweier Gase zu thun. Faraday fand so, dass von allen Gasen nur der Sauerstoff gegen die atmospärische Luft magnetisch war, während die anderen Gase gegen die Luft sich diamagnetisch verhielten; gegen Kohlensäure zeigten sich Sauerstoff, atmosphärische Luft, Stickstoffoxyd etc. magnetisch. Entsprechende Resultate erhielt Faraday später auch da-

[1]) Phil. Trans. 1846; Pogg. Ann. LXIX u. LXX.
[2]) Phil. Trans. 1848; Pogg. Ann. LXXIII.

durch, dass er Seifenblasen mit den zu untersuchenden Gasen füllte und dieselben zwischen die Pole seiner Elektromagneten brachte.

Der beobachtete Zusammenhang zwischen Elektricität, Magnetismus und Licht führte aber noch etwas weiter und liess vermuten, dass die Verbreitung des Magnetismus in Krystallen, wie die Fortpflanzung des Lichtes in denselben, nach verschiedenen Seiten eine verschiedene sein werde. Faraday fand in der That[1]), dass künstlich krystallisirtes Wismuth sich nicht wie sonst diamagnetisch, sondern so richtete, dass seine Hauptspaltungsfläche der Magnetachse parallel war. Aehnliche magnetische Erscheinungen, die ebenfalls nicht, wie die para- und diamagnetischen durch die äussere Form, sondern nur durch die krystallographischen oder optischen Achsen bedingt sind, zeigten sich dann auch an anderen Stoffen, wie Antimon, Arsen etc., und Faraday erfand für diese neuen, nicht mehr magnetisch anziehenden, sondern nur richtenden Kräfte auch einen neuen Namen, den der Magnekrystallkräfte.

Mit diesen Arbeiten, die bis zum Jahre 1849 reichten, meinte Faraday nun alle Instanzen, welche etwa noch gegen eine nur mittelbare Wirkung der polaren Kräfte in die Ferne sprechen, weggeräumt zu haben und fühlte sich dadurch verpflichtet, auch die Schwere in Bezug auf eine solche Eigenschaft zu untersuchen; leider hatten die Versuche nur einen negativen Erfolg.[2]) Faraday selbst fühlte indessen durch diesen Misserfolg, wie er sagt, seinen Glauben an das Vorhandensein eines Zusammenhanges zwischen Elektricität und Schwere und damit der Wesenseinheit aller Naturkräfte nicht erschüttert, sondern nahm daraus nur Veranlassung, seine Anschauungen über die Art der Wirksamkeit der polaren Naturkräfte und ihrer Verbreitung im Raum etwas zusammenhängender als früher darzustellen. Diese Veröffentlichungen, welche in den Jahren 1852 und 1855 in der bekannten Zeitschrift Philosophical Magazine[3]) erschienen und die alle nur

---

[1]) Phil. Trans. 1849; Pogg. Ann. LXXVI.

[2]) Phil. Trans. 1851; Pogg. Ann. Ergänzungsband III, 1853.

[3]) Phil. Mag., 4. Ser., III, 1852, p. 401–428: On the Physical Character of the Lines of Magnetic Forces. Phil. Mag., 4. Ser., IX, 1855, p. 81—113: On some Points of Magnetic Philosophy. Faraday's elektrische Untersuchungen waren bis dahin in den Philosophical Transactions of the Royal Society veröffentlicht worden. Den Grund, warum die obigen letzten Reihen, die doch fortlaufend nach denen in den Phil. Trans. enthaltenen paragraphirt waren, nur in dem Phil. Mag. erschienen, giebt Faraday selbst am Anfange der ersten Abhandlung mit den charakteristischen Worten an: „The following paper contains so much of a speculative and hypothetical nature, that I have thougt it more fitted for the pages of the Philosophical Magazine than of the Philosophical Transactions.“

über die magnetischen Kraftlinien und ihren physikalischen Charakter handeln, bilden die letzten wissenschaftlichen Veröffentlichungen Faraday's. Mit ihnen war seine so grosse wissenschaftliche Energie erschöpft, sie sind das letzte Vermächtniss des Genies.

Bis dahin hatte Faraday seine Kraftlinien nur als geometrische Constructionen charakterisirt, welche die Bestimmung der Richtung und Intensität der Kraft anschaulich ermöglichen sollten, über deren Wirklichkeit er aber sich nicht weiter auszulassen brauche. Jetzt aber, nachdem er das letzte Hinderniss entfernt glaubte, sprach er die reale Existenz dieser Kraftlinien als mindestens höchst wahrscheinlich aus und legte ihnen ausdrücklich neben ihrem geometrischen Charakter auch einen physikalisch-materiellen bei.

Ueber das Hypothetische dieser Aussprüche war er als sicherer Experimentalphysiker vollkommen klar, aber er hatte auch, weiterschauend als mancher seiner Mitexperimentatoren, den Nutzen solcher Hypothesen völlig erkannt. „Man darf, sagt er im Anfange der ersten dieser Abhandlungen [1]), keinen Augenblick glauben, dass Spekulationen dieser Art in den Naturwissenschaften unnütz oder nothwendigerweise schädlich sind. Sie müssen allerdings immer als zweifelhaft und dem Irrthum und dem Wechsel unterworfen angesehen werden, aber sie sind wundervolle Hilfsmittel in den Händen des Experimentators und Mathematikers; sie sind nicht allein nützlich, wenn einer unbestimmten Idee eine etwas bestimmtere Form gegeben werden soll, damit dieselbe dem Experiment und der Rechnung unterworfen werden kann, sie führen auch durch Deductionen und Correctionen zur Entdeckung neuer Erscheinungen und bewirken so ein Wachsthum und ein Fortschreiten der realen physikalischen Erkenntniss, die, ungleich der zu ihr führenden Hypothese, wirkliche, dem Wechsel nicht unterworfene Wissenschaft wird. Wer kennt nicht den auffallenden

[1]) Phil. Mag., 4. Ser., III, 1852, p. 402: „It is not to be supposed for a moment, that speculations on this kind are useless, or necessarily hurtful, in natural philosophy. They should ever be held as doubtful, and liable to error and to change; but they are wonderful aids in the hands of the experimentalist and mathematician; for not are they useful in rendering the vague idea more clear for the time giving it something like a definitive shape, that it may be submitted to experiment and calculation; but they lead on, by deduction and correction, to the discovery of new phaenomena, and so cause an increase and advance of real physical truth, which unlike the hypothesis, that led to it, becomes fundamental knowledge not subject to change. Who is not aware of the remarkable progress in the development of the nature of light and radiation in modern times, and the extent to which that progress has been aiden by the hypotheses both of emission and undulation? Such considerations form my excuse for entering now and then upon speculations.“

Fortschritt in der Entwicklung der Optik in unserer Zeit und wer verkennt die Hilfe, die dabei die Hypothesen der Emission und Undulation geleistet haben? Solche Betrachtungen mögen mich entschuldigen, wenn ich dann und wann auch auf Hypothesen eingehe."

Faraday versuchte den Beweis für den physikalischen Charakter der Kraftlinien vor Allem durch die Krümmung derselben, die Möglichkeit sie abzulenken, die Begrenztheit ihrer Wirkungen auf bestimmte Massen u. A. zu geben und sah auch den Beweis, wenigstens als einen Wahrscheinlichkeitsbeweis, für erbracht an. Trotzdem liess er sich nicht darauf ein, die Art ihres substantiellen Charakters noch bestimmter festzustellen, vielmehr bezeichnete er es gerade als einen Vortheil seiner Anschauungen, dass man sich die reale Beschaffenheit der Linien auf verschiedene Art denken könne. „Es giebt, sagt er am Anfange der zweiten der obigen Abhandlungen [1]), gegenwärtig zwei oder besser drei allgemeine Hypothesen über die physikalische Natur der magnetischen Aktion. Die erste ist die des Aethers und seiner Strömungen, die Euler in einfacher Weise in seinen Briefen für Nichtmathematiker weiter auseinandergesetzt hat; danach bewegt sich der Aether oder die magnetische Flüssigkeit in Strömen durch die Magnete und ebenso durch den Raum und die Substanzen, welche jenen umgeben. Die zweite Hypothese ist die der zwei magnetischen Flüssigkeiten, die in allen magnetischen Körpern an den Polen aufgehäuft vorhanden sind und Attractionen und Repulsionen auf Theile beider Flüssigkeiten auf die Entfernung hinaus üben. Die letzte Hypothese ist von Ampère, bei welcher die Existenz von elektrischen Strömen rund um die einzelnen Partikel der Magnete angenommen wird, welche Ströme aus der Ent-

[1]) Phil. Mag., 4. Ser., IX, 1855, p. 81: There are at present two or rather three general hypotheses of the physical nature of magnetic action. First that of aethers, carrying with it the idea of fluxes or currents, and this Euler has set forth in a simple manner to the unmathematical philosopher in his Letters, — in that hypothesis the magnetic fluid or aether is supposed to move in streams through magnets and also the space and substances around them. Then there is the hypothesis of two magnetic fluids, which being present in all magnetic bodies and accumulated at the poles of a magnet, exert attractions and repulsions upon portions of both fluids at a distance . . . Lastly, there is the hypothesis of Ampère, which assumes the existence of electrical currents round the particles . . . My physico-hypothetical notion does not go so far in assumption as the second and third of these ideas, for it does not profess to say how the magnetic force is originated or sustained in a magnet, it falls in rather with the first view, yet does not assume so much. Accepting the magnet as a centre of power surrounded by lines of force, which, as representants of the power, are now justified by mathematical analysis, it views these lines as physical lines of power, essential both to the existence of the force within the magnet, and to its conveyance to, and exertion upon magnetic bodies at a distance.

fernung auf die anderen Partikel wirken, die von gleichen Strömen umflossen sind . . . Meine physikalisch-hypothetische Meinung geht in den Annahmen nicht so weit wie die zweite und dritte jener Ideen, denn ich unternehme nicht zu sagen, wie die magnetische Kraft in einem Magneten erzeugt und unterhalten wird; sie stimmt eher mit der ersten überein, aber bleibt auch in den Annahmen noch hinter ihr zurück. Ich nehme den Magneten als ein Kraftcentrum, das von Kraftlinien umgeben ist, welche in ihrer Darstellung der Kraft durch die mathematische Analysis bestimmt sind, und ich halte diese Linien als physikalische Linien für wesentlich sowohl für das Sein der Kraft in dem Magneten als auf die Fortpflanzung und Wirkung derselben ausserhalb des Magneten."

Diese Materialisation der Kraftlinien aber brachte Faraday in den stärksten Gegensatz zu den fundamentalen Anschauungen der herrschenden Naturwissenschaft über Raum und Materie. Die Kraftlinie ist ein continuirliches Gebilde, das zwar einzelne Punkte enthält, aber doch nicht endlich aus ihnen zusammengesetzt ist. Niemals darf man die Kraft nur an einen sogenannten physikalischen Punkt gebunden denken, von dem aus dieselbe unvermittelt ihre Wirkungen auf entfernte Körper übt, sondern jede Kraft ist eine Kraftaxe oder Kraftlinie, die überall da auch physikalisch existirt, wo sie eine Wirkung ausübt. Die Kraftlinien eines leuchtenden Körpers sind die Lichtstrahlen, die von ihm ausgehen, die eines warmen Körpers die Wärmestrahlen; die Magnetkraftlinien werden durch Eisenfeile angezeigt, welche man auf und um den Magneten streut. Aber auch die Kraftlinien selbst dürfen im Raum nicht vereinzelt gedacht werden. Da die Kraft im ganzen Raume lückenlos thätig ist, so müssen auch die Kraftlinien den Raum stetig erfüllen und eine physische Existenz der Kraftlinien setzt eine continuirliche Erfüllung des Raumes absolut voraus. Wirklich hat Faraday auch schon seit dem Jahre 1844 begonnen, in einzelnen Vorträgen in der Royal Institution die Schwierigkeiten der Atomtheorie blosszulegen, und ist dabei sogar bis zu der ganz radikalen Vorstellung von einer Materialität des continuirlichen Raumes gekommen. Diesen materiellen Raum, der in ganz natürlicher Weise zum eigentlichen Sitze aller Kraftwirkung wird, muss man sich wohl aus ganz gleichartiger continuirlicher Masse bestehend denken und die eigentliche körperhafte Materie bildet dann, wenn sie überhaupt noch in alter Weise für sich bestehend gedacht werden soll, mehr Kraftlücken in diesem Raume als, wie man das früher annahm, den eigentlichen Sitz der Kraft. Faraday hat nichts dagegen, wenn man diesen materiellen Raum mit einem ihn continuirlich erfüllenden Aether identificiren will; denn der Name thut nichts zur

Sache und er selbst hält es für mehr als wahrscheinlich, dass, wenn es überhaupt einen Aether giebt, dieser noch andere Verwendung habe als die blosse Fortführung des Lichts.

Besonders in einem Vortrage „über die elektrische Leitung und die Natur der Materie“ [1]) hatte sich Faraday eingehend mit solchen Ideen beschäftigt. „Die, wie ich glaube, jetzt vorherrschende Ansicht, sagt er da, ist die, welche das Atom als etwas Materielles von einem gewissen Volumen ansieht, dem von allem Anfang an die Kräfte eingepflanzt seien, vermöge welcher, wenn viele Atome in Gruppen zusammentreten, die verschiedenen Substanzen gebildet werden, deren Wirkungen und Eigenschaften wir beobachten. Diese Atome, obschon sie durch ihre eigenen Kräfte gruppirt und zusammengehalten werden, berühren einander nicht, sondern haben Raum zwischen sich, da sich sonst ein Körper nicht durch Druck oder Abkühlung zu einem kleineren Volumen zusammenziehen oder durch Wärme und Spannung zu einem grösseren ausdehnen könnte. Die Atomtheorie wird in unserer Zeit auf diese oder jene Weise vielfach angewandt, aber man unterscheidet sie nicht mit solcher Sorgfalt von Thatsachen, dass sie nicht dem Lernenden als ein Ausdruck der Thatsachen selbst erscheint, wiewohl sie im besten Falle nur eine Hypothese ist, deren Wahrheit wir nicht darthun können, was wir auch von ihrer Wahrscheinlichkeit sagen oder denken mögen. Allein es ist immer sicher und philosophisch, Thatsache von Theorie soviel als möglich zu unterscheiden. Die Erfahrungen vergangener Zeiten lehren uns genügend die Weisheit eines solchen Vorgehens, und wenn man bedenkt, dass der Geist die Neigung hat, sich bei einer Annahme zu beruhigen und, wenn sie den augenblicklichen Zwecken genügt, zu vergessen, dass sie eben eine Annahme sei, so sollten wir dessen eingedenk sein, dass sie in solchen Fällen zu einem Vorurtheil wird und unvermeidlich die Klarheit des Urtheils mehr oder weniger trübt. Wenn die atomistische Ansicht von der Constitution der Materie als richtig angenommen wird, und wenn ich von den materiellen Theilchen und dem Raum zwischen ihnen als von zwei verschiedenen Dingen reden darf, so muss der Raum als das einzige Continuum aufgefasst werden, da die Theilchen als durch den Raum voneinander getrennt angesehen werden. Der Raum durchdringt demnach alle materiellen Massen in jeder Richtung wie ein Netz, nur dass er Zellen anstatt Maschen bildet; er isolirt jedes Atom von seinen Nachbarn und er selbst ist zusammenhängend. Nehmen wir nun den Fall eines Nichtleiters, beispielsweise Schellack, so wird man

[1]) Phil. Mag., 3. Ser., vol. XXIV, 1844, p. 136; Experimental-Untersuchungen, II. Bd., Berlin 1890, S. 255.

aus dieser Vorstellung seiner atomistischen Constitution sofort folgern, dass der Raum hier wie ein Isolator wirkt; denn wenn er ein Leiter wäre, so würde, welcher Art auch immer seine Beziehungen zu dem Leitungsvermögen der materiellen Atome wären, der Schellack nicht isoliren können; der Raum müsste sonst einem metallischen Gewebe ähnlich sein, welches den Schellack in allen Richtungen durchdringt. Nehmen wir demnächst den Fall eines Metalles, so ist es ein Leiter; aber wie könnte es dies sein, wenn nicht der Raum leitend wäre? Denn er ist der einzige zusammenhängende Theil des Metalles, während die Atome sich (der Theorie zufolge) nicht nur nicht berühren, sondern, wie wir bald sehen werden, sogar als in einem beträchtlichen Abstande von einander befindlich angenommen werden müssen. Der Raum muss also hier wie ein Leiter wirken, da sonst die Metalle nicht leiten könnten, sondern sich in dem eben erwähnten Falle des schwarzen Siegellacks befinden müssten. Wenn aber der Raum leitend ist, wie können Schellack, Schwefel u. s. w. isoliren, da doch der Raum sie in allen Richtungen durchdringt? Oder wenn der Raum wie ein Isolator wirkt, wie kann ein Metall oder ein ähnlicher Körper leiten? Eine theoretische Grundlage, welche zu solchen Folgerungen führt, muss an und für sich falsch sein.“ Um diesen und noch anderen Schwierigkeiten zu entgehen möchte Faraday zu der schon von Boscowich gelehrten Ansicht neigen, dass die Atome nichts weiter als Kraftcentren seien und dass die Materie im Wesen nur aus Kraft bestehe. Dann bleibt als Sitz der Kraft nichts weiter als der der Raum selbst und die Materie ist nichts weiter als mit Kräften ausgerüsteter Raum und erfüllt damit den Raum continuirlich. „Nach der gewöhnlichen Auffassung der Atome, sagt Faraday, besteht eine materielle Masse aus Atomen und Zwischenräumen, nach der unsern aber ist Materie überall gegenwärtig und giebt es keinen Raum, der nicht von ihr eingenommen wäre. Demnach ist die Materie durchaus continuirlich, und wir haben in einer materiellen Masse eine Trennung ihrer Atome durch Zwischenräume nicht anzunehmen. Die die Centra umgebenden Kräfte verleihen diesen die Eigenschaften materieller Atome, und diese Eigenschaften wiederum combiniren sich, wenn viele Centra sich durch ihre vereinten Kräfte zu einer Masse gruppiren, zu den Eigenschaften der Materie. Bei dieser Auffassung verschwinden alle Widersprüche, die sich bei einer Betrachtung der elektrischen Leitung und Isolation ergeben. Die hier aufgestellte Ansicht von der Constitution der Materie scheint nothwendig zu dem Schluss zu führen, dass die Materie den ganzen Raum erfüllt, oder wenigstens allen Raum, auf den sich die Gravitation (die Sonne und deren System eingeschlossen) erstreckt; denn die

Schwere ist eine Eigenschaft der Materie, die von einer gewissen Kraft abhängt, und eben diese Kraft ist es, welche die Materie constituirt. Nach dieser Auffassung ist die Materie nicht nur gegenseitig durchdringlich, sondern jedes Atom erstreckt sich, so zu sagen, durch das ganze Sonnensystem, doch so, dass es immer sein eigenes Kraftcentrum beibehält. Dies scheint beim ersten Blick sehr gut zu harmoniren mit Mosotti's mathematischen Untersuchungen und seiner Zurückführung der Erscheinungen der Elektricität, Cohäsion, Gravitation u. s. w. auf eine einzige Kraft der Materie, sowie mit dem alten Wort „„Materie kann nicht wirken, wo sie nicht ist"". Allein ich habe durchaus nicht die Absicht, auf derartige Betrachtungen oder auf die Bedeutung dieser Hypothese für die Theorie des Lichtes und den hypothetischen Aether einzugehen."

Das waren kühne, vielleicht überkühne Gedanken, diese Ideen von der Materialität und primitiven Causalität des Raumes, aber Faraday fühlte sich Schritt für Schritt durch seine Arbeiten zu ihnen gedrängt. Er gab dieselben der wissenschaftlichen Welt gegenüber auch nicht als fest aufgestellte Hypothesen oder gar von ihm als wahr zu vertheidigende Grundlagen seiner Physik; er behandelte dieselben nur als zu überlegende Möglichkeiten, bei denen die Behandlung von Gegensätzen nicht ausgeschlossen war. Er theilte jene Ideen nur als Vorschläge zur Discussion, zur Prüfung für Mitstrebende, aber nicht für Schüler zum Nachlernen mit.