

# **Universitäts- und Landesbibliothek Tirol**

## **Lehrbuch der Electricität und des Magnetismus**

in zwei Bänden

**Maxwell, James Clerk**

**1883**

Vorwort des Verfassers

## Vorwort des Verfassers.

---

Die Tatsache, dass gewisse Körper, wenn man sie reibt, andere Körper anzuziehen vermögen, war schon dem Altertume bekannt. Neuerdings hat man dann noch eine lange Reihe von Erscheinungen kennen gelernt, welche mit jenem Phänomen der Attraction eng verknüpft sind. Nach der griechischen Benennung des Bernsteins, ἤλεκτρον, bei dem man sie zuerst beschrieben hat, bezeichnet man all diese Erscheinungen als Electriche Phänomene.

Ferner weiss man schon seit langer Zeit, dass andere Körper, so namentlich Magneteisenstein, Eisen und Stahl, nachdem man sie gewissen Processen unterworfen hat, auf einander Fernwirkungen ausüben, die nebst einer Reihe anderer damit in Beziehung stehender Erscheinungen anders als die erwähnten electriche Phänomene ausfallen. Man nennt diese Erscheinungen Magnetische Phänomene nach der im alten Thessalien gelegenen Stadt Magnesia, wo man früher den Magneteisenstein fand.

Später hat man die Erkenntnis gewonnen, dass die magnetischen Phänomene in engster Beziehung zu den electriche stehen, und in der Untersuchung dieser Beziehung eine neue Wissenschaft, die des Electromagnetismus, aufgebaut.

Ich werde in dem Werke, das ich dem wissenschaftlichen Publicum vorlege, die wichtigsten der bezeichneten Erscheinungen qualitativ beschreiben, ich werde zeigen, wie man sie quantitativ messen kann, und die einzelnen dabei in Betracht kommenden Grössen mit einander durch analytische Ausdrücke verbinden. Nachdem ich so die Grundlage für die mathematische Theorie des Electromagnetismus erhalten habe, und nachdem ich gezeigt habe, wie man diese Theorie zur Vorausberechnung des Verlaufs betreffender Erscheinungen verwenden muss, werde ich so klar, als ich es nur irgend kann, die Beziehungen, die zwischen jener Theorie in ihrer mathematischen Form und der der Funda-

mentalwissenschaft, der Mechanik, bestehen, auseinandersetzen. Ich werde so die besondern mechanischen Erscheinungen einigermaßen anzugeben im Stande sein, welche die electromagnetischen Phänomene illustriren oder gar erklären.

Bei der Beschreibung der einzelnen Erscheinungen werde ich zunächst die berücksichtigen, welche am meisten den Grundcharakter der Theorie kennzeichnen, und andere Erscheinungen entweder ganz übergehen, oder erst dann anführen, wenn der Leser mit der Materie schon genügend vertraut ist.

Bei jeder Erscheinung hat man vom mathematischen Standpunkte aus darauf zu achten, ob die dabei ins Spiel kommenden Grössen einer Messung unterworfen werden können. Daher werde ich die electricen Erscheinungen hauptsächlich mit Rücksicht auf ihre Messbarkeit behandeln und dabei die Methoden, die man bis jetzt zur wirklichen Ausführung solcher Messungen kennen gelernt hat, vorführen und nachweisen, von welchen Einheiten man die einzelnen in Betracht kommenden Grössen abhängig machen kann.

In Anwendung der mathematischen Rechnungen wird meine erste Aufgabe in der Deduction der allgemeinsten Schlüsse aus den bis jetzt vorliegenden Daten bestehen. In zweiter Reihe werde ich dann die einzelnen Formeln auf die einfachsten Fälle anwenden. Fragen, die mehr die Geschicklichkeit des Mathematikers herausfordern, als die Erkenntnis in unserer Wissenschaft fördern, werde ich zu vermeiden suchen.

Auf der einen Seite bestehen in unserer Wissenschaft zwischen den einzelnen Zweigen, mit denen wir uns hier zu beschäftigen haben, mehr und complicirtere innere Beziehungen als zwischen denen irgend einer andern der bisher entwickelten Wissenschaften. Auf der andern Seite sind ihre äussern Beziehungen einerseits mit der Mechanik und andererseits mit der Lehre von der Wärme, vom Licht, von den chemischen Actionen und von der Constitution der Körper so mannigfach und tiefgreifend, dass sie auf eine ganz exceptionelle Wichtigkeit unserer Wissenschaft für die Erklärung der physikalischen Erscheinungen hinzuweisen scheinen.

Deshalb, glaube ich auch, hat das Studium des Electromagnetismus in seiner ganzen Ausdehnung als Mittel zur Förderung der Gesamtwissenschaft die höchste Bedeutung erlangt.

Man darf behaupten, dass die mathematischen Gesetze der einzelnen Erscheinungsklassen grösstenteils in befriedigender Weise eruirt worden sind. Auch die Verbindungen dieser einzelnen Erscheinungsklassen mit einander sind ziemlich sorgfältig untersucht worden, und die experimentellen Gesetze haben durch die ausgedehntere Kenntniss ihrer gegenseitigen Beziehungen beträchtlich an Wahrscheinlichkeit für ihre Exactheit gewonnen. Endlich hat man auch durch den Nachweis, dass kein electromagnetisches Phänomen der Annahme, dass sein Verlauf durch rein mechanische Actionen bestimmt wird, widerspricht, einige Fortschritte in der Verpflanzung der Theorie des Electromagnetismus auf das Gebiet der Mechanik gemacht.

Soviel man aber auch bis jetzt schon geleistet hat, so ist doch das Gebiet der electricen Phänomene noch lange nicht vollständig ausgekundschaftet. Vielmehr hat man dieses Gebiet eigentlich erst erschlossen, indem man einerseits die Punkte, die einer Untersuchung bedürfen und einer solchen fähig sind, entdeckt und andererseits die Mittel zur Durchführung solcher Untersuchungen geschaffen hat.

Ich brauche mich nicht erst weitläufig über den hohen Nutzen, den die Schiffahrt aus den magnetischen Untersuchungen gezogen hat, auszulassen, über die Wichtigkeit der Kenntniss der wahren Richtung der Compassnadel und über die Bedeutung der Einwirkung, welche die Eisenteile eines Schiffes auf die Magnetnadel ausüben. Umgekehrt haben aber auch die Arbeiten derer, die, um die Sicherheit der Schiffahrt zu heben, magnetische Beobachtungen angestellt haben, ganz beträchtlich zum Fortschritt der Wissenschaft beigetragen.

Gauss hat als Mitglied des magnetischen Vereins die Macht seines Genius zum Aufbau einer Theorie des Magnetismus und zur Entdeckung von Beobachtungsmethoden für den magnetischen Zustand der Körper verwendet. Wir verdanken ihm nicht blos die grossen Fortschritte auf dem Gebiete der Attractionslehre, sondern auch fast alle Instrumente, deren wir uns bei der Anstellung magnetischer Observationen bedienen, wir verdanken ihm die Beobachtungsmethoden, und wir haben von ihm gelernt, wie man aus den erhaltenen rohen Beobachtungszahlen die Endresultate zu berechnen hat. Seine Untersuchungen über den Erdmagnetismus haben für die ganze Wissenschaft hohe Bedeutung erlangt, denn man kann sich ihrer überall in der Physik, wo man es mit der Messung von Kräften zu thun hat, bedienen.

Die Anwendungen, die der Electromagnetismus in der Telegraphie gefunden hat, haben wiederum auch für die reine Wissenschaft Früchte getragen, denn sowie genaue electriche Messungen eine commercielle Wichtigkeit erlangten, sind die Electriciker in den Stand gesetzt worden, ihre Untersuchungen mit Apparaten und Einrichtungen durchzuführen, welche das Maass der in Laboratorien gewöhnlich benutzten weit überstiegen. Man kann die Bedeutung der practischen Anforderungen an unsere Wissenschaft und die günstige Lage, in die sie dadurch gekommen ist, schon jetzt nicht hoch genug schätzen, denn einerseits haben die Männer der Wissenschaft sich dem Ausbau der Electricitätslehre mit grosser Energie gewidmet, und andererseits haben die Männer der Praxis eingehende wissenschaftliche Kenntnisse zu schätzen gelernt. Letztere Tatsache wird aber sehr geeignet sein, die ganze Ingenieurkunde wissenschaftlich zu fördern.

Werke, in denen die Electricitätslehre populär behandelt ist, existiren schon in ziemlicher Anzahl. Inzwischen können populäre Bücher denen nicht genügen, welche sich mit wirklichen Messungen zu beschäftigen haben, oder welche bei Hörsaal-Experimenten nicht stehen bleiben wollen.

Auf der anderen Seite giebt es auch eine grosse Menge mathematischer, für unsere Wissenschaft hochbedeutender Abhandlungen, aber diese sind in den Zeitschriften und dickleibigen Berichten gelehrter Gesellschaften begraben. Sie stehen nicht notwendig in Beziehung zu einander, und sie sind auch sehr ungleich in ihrem Werte. Zudem sind sie, abgesehen von den Mathematikern, nur wenigen Menschen wirklich verständlich.

Ich habe daher geglaubt, dass ein Werk, das sich die methodische Darstellung unserer Wissenschaft zur Hauptaufgabe macht, und das gleichzeitig zeigen will, wie man die Lehren ihrer einzelnen Zweige einer Verification durch Messungen zu unterwerfen vermag, dass also ein solches Werk nicht unwillkommen sein dürfte.

Das Werk, das ich herausgebe, unterscheidet sich in seiner Gesamtanlage beträchtlich von den meisten der namentlich in Deutschland edirten Lehrbücher über Electricität, und es wird wol dem Leser so scheinen, als ob ich nicht immer den Speculationen mancher berühmter Physiker und Mathematiker volle Gerechtigkeit habe widerfahren lassen. Ich möchte deshalb darauf aufmerksam machen und

als Entschuldigung anführen, dass ich, als ich an das Studium der Electricität ging, mich entschloss, nicht eher mathematische Werke durchzuarbeiten, als bis ich Faradays Experimentelle Untersuchungen über Electricität (*Experimental Researches in Electricity*) vollständig gelesen habe. Ich war schon davon avertirt, dass eine gewisse Differenz zwischen der Art, wie Faraday die electricischen Phänomene auffasste und wie die Mathematiker sie zu behandeln gewohnt waren, bestand, und dass weder Faraday die Ausdrucksweise der Mathematiker genügend fand, noch die Mathematiker die Faradays billigen mochten. Ich hatte aber auch die Ueberzeugung, dass diese Discrepanz nicht davon herrührte, dass eine der beiden Parteien Unrecht hatte. Diese Ueberzeugung habe ich zunächst durch W. Thomson \*) erlangt, dessen Beihilfe durch Rat und Tat ich nicht minder, wie seinen Abhandlungen alles das verdanke, was ich auf diesem Gebiete gelernt habe.

Je mehr ich fortfuhr Faradays Werke zu studiren, desto mehr erkannte ich, dass auch seine Art, die electricischen Phänomene aufzufassen und zu beschreiben, wengleich er sich nicht der gewöhnlichen mathematischen Zeichensprache bediente, eine mathematische war.

So sah, zum Beispiel, Faraday in seinem geistigen Auge überall da Kraftlinien den Raum durchdringen, wo die Mathematiker in die Ferne wirkende Kraftcentren supponirten, und wo Diese nichts als die Abstände zwischen den Kraftcentren bemerkten; war für Jenen ein Zwischenmedium vorhanden. Faraday suchte die Ursache der Erscheinungen in Actionen, die im Zwischenmedium vor sich gehen sollten, die Mathematiker dagegen gaben sich damit zufrieden, dass sie sie in einer Fernwirkung auf die electricischen Fluida entdeckten.

Als ich nun Faradays Ideen, wie ich sie verstand, in mathematische Form brachte, fand ich, dass die aus denselben fliessenden Resultate im allgemeinen vollständig mit denen der Mathematiker zusammenfielen. Beide Methoden geben von dem Verlauf derselben Erscheinungen Rechenschaft und beide lieferten dieselben Wirkungsgesetze. Aber während die Faradaysche Methode in einer Deduction des Besondern aus dem Allgemeinen bestand, beruhte die mathematische

---

\*) Ich benutze die Gelegenheit, um W. Thomson und Professor Tait für die mannigfachen Unterstützungen, die sie mir während des Druckes meines Werkes haben angedeihen lassen, meinen Dank auszusprechen.

Methode auf dem synthetischen Aufbau des Allgemeinen aus dem Besondern.

Ich fand ferner, dass manche der von Mathematikern entdeckten fruchtbarsten Untersuchungsmethoden sich weit besser durch Faradays Terminologie als durch ihre ursprüngliche Darstellung entwickeln liessen.

Beispielsweise gehört die Potentialtheorie, wenn man das Potential als eine Grösse betrachtet, welche einer gewissen partiellen Differentialgleichung genügt, der Hauptsache nach der von mir nach Faraday benannten Untersuchungsmethode an. Sieht man dagegen das Potential als Summe von Electricitätsmengen, deren jede durch die Entfernung ihrer Lage von einem gegebenen Punkt dividirt ist, an, so resultirt die Potentialtheorie aus der zweiten Untersuchungsmethode. Daraus erklärt sich, weshalb so viele Entdeckungen von Laplace, Poisson, Green und Gauss gerade in diesem nach Faradays Ideen geschriebenen Buche ihren geeigneten Platz und Ausdruck finden müssen.

Die Electricitätslehre ist von den Anhängern der Theorie einer Wirkung in die Ferne namentlich in Deutschland mächtig gefördert worden. Weber hat seine so bedeutenden electricischen Maassbestimmungen nach dieser Theorie interpretirt, und die von Gauss begonnenen und von Weber, Riemann, Neumann, Vater und Sohn, Lorenz und Andern fortgesetzten electromagnetischen Speculationen sind auf der Hypothese einer Wirkung in die Ferne aufgebaut. Doch hängen sie nebenbei entweder unmittelbar von relativen Geschwindigkeiten sich bewegender Partikel ab, oder sie werden durch die Supposition einer allmähigen Fortpflanzung von Partikel zu Partikel von irgend etwas, sei es von der eines Potentials oder einer Kraft bestimmt. Die grossen Erfolge, die die genannten hervorragenden Forscher bei der Anwendung ihrer Analyse auf electricische Phänomene erzielt haben, mussten naturgemäss ihren theoretischen Speculationen bedeutendes Gewicht verleihen, und es konnte nicht fehlen, dass diejenigen, welche bei diesen grössten Autoritäten auf dem Gebiete der mathematischen Electricitätslehre ihre Kenntnisse schöpften, je mehr sie sich mit ihren mathematischen Methoden vertraut machten, um so mehr auch von ihren physikalischen Hypothesen erfüllt wurden.

Diese physikalischen Hypothesen sind aber der Art und Weisè, wie ich hier die einzelnen Gegenstände betrachten werde, gänzlich fremd. Ich lege gerade darauf Wert, dass meine Leser sich aus

meinem Werke überzeugen möchten, dass man unsere Wissenschaft noch mit ganz andern physikalischen Ansichten bearbeiten kann, die die einzelnen Phänomene nicht minder zu erklären im Stande sind, als jene genannte Hypothese einer Wirkung in die Ferne. Und wenn auch die hier auseinandergesetzte Theorie in manchen Fällen weniger klar und präcis erscheinen dürfte, so glaube ich doch, dass sie dem Stande unserer Kenntnisse besser sowohl in dem entspricht, was sie explicirt, als auch in dem, was sie unentschieden lässt.

Es ist für die Naturphilosophie von hoher Bedeutung, dass man in der That auf zwei verschiedenen Wegen die HAUPTERSCHINUNGEN des Electromagnetismus zu beschreiben und einen Versuch die Fortpflanzung des Lichtes als ein electricisches Phänomen aufzufassen und die Lichtgeschwindigkeit wirklich zu berechnen zu unternehmen vermochte, während doch die Fundamentalconceptionen und die meisten secundären Ansichten über die Bedeutung der einzelnen diesbezüglichen Grössen in beiden Fällen radical verschiedene sind.

Ich habe deshalb mein Werk nicht als Richter, sondern wie ein Advocat geschrieben. Doch habe ich keinen Versuch gemacht, beide Methoden unparteiisch nebeneinander zu beschreiben, sondern mich fast ausschliesslich auf die eine, die Faradaysche, beschränkt. Ich zweifle nicht, dass die andere Methode, die deutsche, wie ich sie nenne, auch ihre Vertheidiger finden und eine der Genialität ihrer Urheber würdige Bearbeitung erfahren wird.

Ich mache keinen Anspruch darauf, dass meine Aufzählung der electricischen Erscheinungen, Versuche und Apparate erschöpfend sein soll. Wer alles, was bis jetzt auf diesem Gebiete erkundet und erfunden worden ist, lesen will, wird sich namentlich durch de la Rives *Traité d'Electricité* und durch die deutschen Werke, durch Wiedemanns *Lehre von der Electricität*, Riess' *Reibungselectricität*, Beers *Einleitung in die Electrostatik* u. a. m. unterstützt finden.

Ich habe mich fast gänzlich auf die mathematische Bearbeitung unserer Wissenschaft beschränkt, ich empfehle aber dem Studirenden, nachdem er sich, wenn möglich durch Experimente, eine genügende Kenntnis von den zu beobachtenden Phänomenen verschafft hat, sorgfältig Faradays *Experimental Researches in Electricity*\*) zu lesen.

---

\*) Zum Teil auch in *Pogg. Ann.* veröffentlicht.

Er wird daselbst streng historische Berichte über einige der wichtigsten Entdeckungen und Untersuchungen auf dem Gebiete der Electricität finden, die in ihrer Ordnung und Aufeinanderfolge kaum so von einem Manne hätten verfasst werden können, dem die Resultate von vornherein bekannt gewesen wären und der seine ganze Aufmerksamkeit darauf gelenkt hätte, die wissenschaftlichen Arbeiten und ihre Resultate möglichst genau zu beschreiben.

Es ist ja schon an sich ein Vorteil, wenn der Studirende sich möglichst mit den Originalabhandlungen über seine Wissenschaft vertraut macht, denn er wird ihre Lehren um so leichter in sich aufnehmen, je mehr er sie in seinem Geiste sich nochmals gewissermassen entwickeln lässt. Zu einer derartigen Lectüre von Faradays *Researches* wird man aber verhältnissmässig leicht kommen, weil sie in Form eines Werkes veröffentlicht sind und in ihrer Aufeinanderfolge gelesen werden können.

Ich würde einen meiner sehnlichsten Wünsche erfüllt sehen, wenn es mir durch das, was ich hier schreibe, gelungen sein sollte, dem einen oder dem anderen Studirenden das Verständniss der Faradayschen Ideen und Ausdrucksweise zu erleichtern, und wenn ich auch andern den Genuss verschafft haben sollte, den ich selbst empfand, als ich *Researches* des grossen Physikers las.

Ich habe das ganze Werk in vier Teile eingeteilt und jeden Teil mit einer die ersten Capitel ausfüllenden Beschreibung der betreffenden Phänomene und mit ihrer elementaren Theorie begonnen. Ich glaube, dass der Leser schon in den ersten Capiteln genügend Material zur Erlangung einer elementaren Kenntniss von dem gesammten Gebiete unserer Wissenschaft finden wird.

Die übrigen Capitel eines jeden Theiles umfassen die schwierigern und höhern Partien der Theorie, Auseinandersetzungen für die numerische Auswertung der Formeln und Beschreibungen der bezüglichen Messinstrumente und Untersuchungsmethoden.

Die Beziehungen zwischen electromagnetischen und Strahlungsphänomenen und die Theorie der molecularen electrischen Ströme habe ich mit den Resultaten der Speculation über die Fernwirkung der Kräfte in die vier letzten Capitel des zweiten Bandes verwiesen.

1. Februar 1873.

Maxwell.