

**OSTWALDS KLASSIKER
DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN
Band 294**

**Experimental-Untersuchungen
über
Elektricität**

Dritter Band

**von
Michael Faraday**

Verlag Harri Deutsch

OSTWALDS KLASSIKER
DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN
Band 294

Experimental-Untersuchungen
über
Elektrizität

in drei Bänden
Dritter Band

von
Michael Faraday

Übersetzt von
Herrn Dr. G. Wiedemann
und
Herrn Dr. G. Busch

Verlag von Vieweg

OSTWALDS KLASSIKER
DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN
Band 294

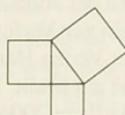
Experimental-Untersuchungen
über
Elektricität

*In drei Bänden
Dritter Band*

von
Michael Faraday

Einleitung von
Friedrich Steinle

Deutsche Übersetzung
S. Kalischer



Verlag Harri Deutsch

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN 3-8171-3294-8

Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und das Speichern und die Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Der Inhalt des Werkes wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.

Die Druckvorlage wurde freundlicherweise von der Bibliothek des Instituts für Geschichte der Naturwissenschaften der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main zur Verfügung gestellt.

© Wissenschaftlicher Verlag Harri Deutsch GmbH,
Frankfurt am Main, 2004

1. Auflage 2004

Druck: Rosch-Buch Druckerei GmbH, Scheßlitz
Printed in Germany

Vorbemerkung des Uebersetzers.

Den Zuwachs, welchen dieser Band gegen den im Jahre 1855 erschienenen dritten und letzten Band der *Experimental Researches* erhalten hat, bildet vor Allem die XXX. Reihe, die erst im Jahre 1856 in den *Philosophical Transactions* veröffentlicht wurde. Die Reihenfolge der Arbeiten des III. Bandes der *Researches* ist beibehalten worden, und an diese schliesst sich die XXX. Reihe an. Ausserdem sind eine Anzahl kleiner Aufsätze hinzugekommen, die bis 1846 zurückreichen und mit dem Jahre 1860 abschliessen. Dieselben folgen der XXX. Reihe in chronologischer Ordnung. Hiervon bildet nur ein kurzer Aufsatz in Form eines Briefes an Tyndall, *Magnetic Remarks*, p. 636, eine Ausnahme, der aus Versehen nicht an die seinem Datum entsprechende Stelle gekommen und daher an das Ende des Bandes getreten ist. Hiermit hoffe ich sämmtliche veröffentlichte Arbeiten Faraday's über Elektrizität und Magnetismus in den drei Bänden dieser Uebersetzung herausgegeben zu haben.

Eben dieses Streben nach Vollständigkeit brachte es mit sich, dass auch einige Briefauszüge, insoweit sie in wissenschaftlichen Journalen erschienen sind, Aufnahme fanden, ohne dass sie etwas Neues böten oder mehr wären als eine Inhaltsangabe oder Anzeige grösserer Arbeiten, wie die Briefstellen S. 561—569. Aus demselben Motive wurden ferner einige andere Arbeiten diesem Bande einverleibt, die mehr die Form von Referaten haben, nach Vorträgen, die Faraday in der Royal Institution gehalten hat, und die zum grössten Theil von experimentellen Demonstrationen begleitet waren. Derartige bis zur Zeit der Redaction des III. Bandes der *Researches* in den *Proceedings of the Royal Institution* etc. erschienene Auszüge aus Vorträgen hat Faraday gleichfalls dem genannten Bande einverleibt. Neu hinzugekommen sind hier die ebenda erschienenen Vorträge: *On electric conduction*, p. 574; *On Ruhmkorff's induction apparatus*, p. 584; *On certain magnetic actions and affections*, p. 607; die wichtige Abhandlung *Remarks on static induction*,*) p. 613; *On Wheatstone's electric telegraph in relation*

*) Vgl. Maxwell, Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus, deutsche Uebersetzung von Dr. B. Weinstein, vol. I, p. 98 f.

to science, p. 619; *On Lighthouse illumination — the electric light*, p. 626 und *On the electric silk-loom*, p. 630. Die Referate rühren ohne Zweifel von Faraday selbst her, sie tragen sämmtlich wie die von Faraday selbst in die *Researches* aufgenommenen die Namenszeichen M. F. Nur ein ebenfalls in den *Proceedings* etc. I, p. 1 erschienenenes Referat nach einem Vortrage vom 24. Januar 1851, *On the magnetic characters and relations of oxygen and nitrogen*, dessen Gegenstand die in der vierundzwanzigsten Reihe und in der Abhandlung *Ueber das diamagnetische Verhalten der Flammen und Gase*, p. 429, niedergelegten Resultate bildeten, scheint nicht von Faraday herzurühren, da es nicht seine Namenszeichen trägt und auch in den *Researches* keine Aufnahme gefunden hat. Die Wiedergabe desselben ist daher auch hier unterblieben.

Wie Faraday im *Vorwort* bemerkt, haben die Abhandlungen bei ihrer Sammlung für die *Researches* keine oder nur geringe Aenderungen gegen die Originale erfahren. In der That sind dieselben mit einer einzigen Ausnahme nur redactioneller Natur. Diese Ausnahme bildet das Referat des Vortrages *Observations on the magnetic force* (p. 457), dessen Schluss, eine kurze literarische Uebersicht über den Zusammenhang zwischen den magnetischen Variationen und den Sonnenflecken, fortgelassen wurde. Dieselbe ist am Ende dieses Bandes unter letzterem Titel wiedergegeben worden.

Die Abhandlung von Riess über die Wirkung nichtleitender Körper bei der elektrischen Induction, p. 579, eine Erwiderung auf Faraday's ebenfalls neu hinzugekommene gleichnamige polemische Abhandlung, p. 588, musste aufgenommen werden, da Faraday sie mit Anmerkungen versehen hat.

Endlich wären noch als neu hinzugekommen zu nennen: *On electrodynamic induction in liquids*, p. 570, und *On the persistent appearance of the lightning flash*, p. 611.

Die Quellen, denen die genannten Abhandlungen entnommen sind, sind an Ort und Stelle angegeben.

Berlin, den 16. Juli 1891.

Dr. S. Kalischer.

Vorwort des Verfassers.

Aus den bereits im Vorwort zum ersten Bande dieser Experimental-Untersuchungen angegebenen Gründen habe ich mich veranlasst gesehen, auch die übrigen Reihen zu sammeln und ihnen gewisse andere Abhandlungen über Electricität und Magnetismus hinzuzufügen.

Auf diese in dem genannten Vorwort enthaltenen Gründe verweise ich diejenigen, welche auch diesen Untersuchungen ihre Aufmerksamkeit schenken. Die diesen Band bildenden Abhandlungen haben beim Wiederabdruck nur eine geringe oder keine Aenderung erfahren, ausgenommen, dass ich das wahre und genaue Datum einer jeden an die Spitze der Seiten gesetzt habe.

In Betreff der magnekrySTALLischen Wirkungen, deren Darlegung mit Artikel 2454 beginnt, wird der Leser die allmähliche Wandlung und Erweiterung der Ansichten hinsichtlich ihrer Natur im Laufe der ausgedehnten Untersuchungen in den Artikeln 2550, 2562, 2576, 2584 etc., 2591, 2639, 2797, 2818, 2836 etc. erkennen. Ich verweise den Leser auf die im Philosophical Magazine 1850, vol. XXXVII, p. 1 enthaltene Abhandlung von Tyndall und Knoblauch, als auf eine wahrhaft philosophische Darlegung der physikalischen Ursache der magnekrySTALLischen Wirkungen¹⁾, und auf die Abhandlung von W. Thomson über die Theorie der magnetischen Induction in krystallischen und nichtkrystallischen Substanzen im Philosophical Magazine 1851, vol. I, p. 177, die sich in allen Punkten mit meinen zu verschiedenen Zeiten erhaltenen experimentellen Resultaten in vollkommener Uebereinstimmung befindet.

Was die in den Artikeln 2967 und 3242 ausgesprochene Absicht betrifft, mit Sauerstoff bei niedrigen Temperaturen zu experimentiren, so habe ich mich bemüht, dieselbe auszuführen. Allein die Schwierigkeit, mit so verdünnten Stoffen wie die Gase bei niedrigen Temperaturen zu arbeiten, ohne dass Luftströmungen entstehen, die die sehr empfindliche Torsionswaage und den zur Messung erforderlichen Apparat beeinflussen, ist so

¹⁾ Marchand und Scheerer geben an, dass Wismuth sich durch Druck ausdehnt und seine Structur ändert. Gmelin's Handbuch, IV, p. 428.

ausserordentlich gross, dass ich bisher keinerlei zuverlässige Resultate zu erhalten vermochte.

Vielen Dank schulde ich der Royal Society und den Verlegern des Philosophical Magazine für die grosse Freundlichkeit, mit der sie mir Platten etc. liehen und sonstige Gefälligkeiten beim Druck dieses Bandes erwiesen.

Da das Register sowohl zu den *Experimental-Untersuchungen* als auch zu den anderen Abhandlungen gehört, so sind seine Verweisungen nothwendig zweierlei Art. Die auf die Untersuchungen bezüglichen geben, wie in den vorigen Bänden, die Nummern der Artikel an und sind durch die Grösse der Zahlen leicht kenntlich; die anderen geben die Seitenzahl an und ihnen geht stets p. oder pp. voran.

Januar 1855.

Michael Faraday.

Inhalt.

		Art.
XIX. Reihe. § 26.	Ueber die Magnetisirung des Lichtes und die Erleuchtung der magnetischen Kraftlinien	2146
	1. Wirkung des Magnetismus auf das Licht	2146
	2. Wirkung der elektrischen Ströme auf das Licht	2189
	3. Allgemeine Betrachtungen	2221
XX. Reihe. § 27.	Ueber neue magnetische Wirkungen und über den magnetischen Zustand aller Materie.	2243
	1. Der Apparat	2245
	2. Wirkung von Magneten auf schweres Glas.	2253
	3. Wirkung von Magneten auf andere Substanzen, welche auf das Licht magnetisch wirken.	2275
	4. Wirkung von Magneten auf die Metalle im Allgemeinen	2287
	— Repulsiverscheinungen	2309
XXI. Reihe. § 27 (Fortsetzung).	5. Wirkung von Magneten auf die magnetischen Metalle und deren Verbindungen	2343
	6. Wirkung von Magneten auf Luft und Gase	2400
	7. Allgemeine Betrachtungen	2417
XXII. Reihe. § 28.	Ueber die Krystallpolarität des Wismuths (und anderer Körper) und über ihre Beziehung zur magnetischen Kraftform	2454
	1. Krystallpolarität des Wismuths	2457
	2. Krystallpolarität des Antimons	2508
	3. Krystallpolarität des Arsens	2532
	4. Krystallzustand verschiedener Körper	2535
	5. Natur der Magnekrystallkraft und allgemeine Betrachtungen.	2550
	6. Ueber die Einstellung eines Eisenvitriolkrystalls im magnetischen Felde.	2615
XXIII. Reihe. § 29.	Ueber den polaren oder sonstigen Zustand diamagnetischer Körper	2640
XXIV. Reihe. § 30.	Ueber die mögliche Beziehung zwischen Schwerkraft und Elektrizität.	2702
XXV. Reihe. § 31.	Ueber den magnetischen und diamagnetischen Zustand der Körper	2718
	1. Nicht-Ausdehnung gasförmiger Körper durch magnetische Kräfte	2718

		Art.
	2. Magnetische Differentialwirkung.	2757
	3. Magnetischer Charakter des Sauerstoffs, Stickstoffs und des Raumes.	2770
XXVI. Reihe.	§ 32. Magnetisches Leitungsvermögen.	2797
	1. Magnetische Leitung.	2797
	2. Leitungspolarität.	2818
	3. MagnekrySTALLISCHE Leitung.	2836
	§ 33. Atmosphärischer Magnetismus.	2847
	1. Allgemeine Principien.	2847
XXVII. Reihe.	§ 33. 2. Experimentelle Untersuchung der Gesetze der magnetischen Wirkung der Atmosphäre und deren Anwendung auf besondere Fälle.	2969
	Ueber atmosphärischen Magnetismus.	p. 293
XXVIII. Reihe.	§ 34. Ueber magnetische Kraftlinien, ihre Bestimmtheit und ihre Vertheilung in einem Magnet und im Raume.	3070
XXIX. Reihe.	§ 35. Ueber die Anwendung des magnetoelektrischen In- ductionsstromes zum Nachweis und zur Messung magnetischer Kräfte.	3177
	1. Galvanometer.	3178
	2. Rotirende Rechtecke und Ringe.	3192
	§ 36. Ueber den Betrag und die allgemeine Vertheilung der Kräfte eines Magnets in Verbindung mit an- deren Magneten.	3215
	§ 37. Abbildung magnetischer Kraftlinien mittelst Eisen- feilspäne.	3234
	Ueber die magnetischen Kraftlinien.	p. 366
	Ueber den physikalischen Charakter der magnetischen Kraftlinien. . . .	3443
		Seite
	Ueber die physischen Magnetkraftlinien.	401
	Ueber die magnetischen Beziehungen und Charaktere der Metalle. . . .	407
	Gedanken über Schwingungsstrahlen.	410
	Ueber die Einwirkung des Magnetismus auf das Licht (wiederholte Re- flexionen) und über den Unterschied zwischen den ferromagnetischen und diamagnetischen Zuständen der Materie.	416
	Ueber das diamagnetische Verhalten der Flammen und Gase.	429
	Ueber die Bewegungen der Flammen unter elektromagnetischen Einfluss; von Zantedeschi.	450
	Ueber den Nutzen der Guttapercha für die elektrische Isolation.	454
	Beobachtungen über die magnetische Kraft (Gesetz der Fernwirkung). . .	457
	Ueber elektrische Induction. — Fälle von gleichzeitigen Strömungs- und Ladungs-Wirkungen.	467
	Ueber unterirdische Telegraphendrähte.	479
	Hypothesen über Magnetismus.	482
	Ueber einige Punkte in der Theorie des Magnetismus. . . . (Art. 3300)	486
	Ueber einige Fragen zur Theorie des Magnetismus.	521
	Weitere Beobachtungen über Fälle von gleichzeitiger Strömungs- und Spannungswirkung bei der elektrischen Induction.	529
XXX. Reihe.	§ 38. Constanz der differentiellen MagnekrySTALLKRAFT in verschiedenen Medien. (Art. 3363)	534
	§ 39. Einfluss der Wärme auf MagnekrySTALLE (Art. 3394)	545
	§ 40. Einfluss der Wärme auf die absolute magnetische Kraft der Körper. (Art. 3421)	555

	Seite
Ueber den Einfluss des Magnetismus auf das Licht und auf andere als magnetische Körper	561
Ueber neue Beziehungen zwischen Elektrizität, Licht und Magnetismus	564
Ueber die Erscheinungen im magnetischen Felde	566
Gleichzeitige statische und dynamische Wirkungen der Elektrizität	568
Ueber elektrodynamische Induction in Flüssigkeiten	570
Ueber elektrische Leitung	574
Ueber Ruhmkorff's Inductionsapparat	584
Ueber die Wirkung nichtleitender Körper bei der elektrischen Induction	588
Dasselbe von P. Riess, mit Anmerkungen von Faraday	597
Ueber gewisse magnetische Vorgänge und Wirkungen	607
Ueber die Dauererscheinung des Blitzes	611
Bemerkungen über statische Induction	613
Ueber Wheatstone's elektrischen Telegraphen in Beziehung zur Wissenschaft	619
Ueber die Erleuchtung von Leuchttürmen. Das elektrische Licht	626
Ueber den elektrischen Seiden-Webstuhl	630
Ueber den Zusammenhang zwischen den magnetischen Variationen und den Sonnenflecken	634
Bemerkungen über Magnetismus	636

NEUNZEHNTE REIHE.¹⁾

§. 26. *Ueber die Magnetisirung des Lichtes und die Erleuchtung der magnetischen Kraftlinien.*²⁾ I. *Wirkung des Magnetismus auf das Licht.* II. *Wirkung der elektrischen Ströme auf das Licht.* III. *Allgemeine Betrachtungen.*

Eingegangen am 6. November, — Gelesen am 20. November 1845.

I. *Wirkung des Magnetismus auf das Licht.*

2146. Längst hegte ich, wie ich glaube, in Gemeinschaft mit vielen anderen Freunden der Naturwissenschaft, die fast an Ueberzeugung grenzende Meinung, dass die verschiedenen Formen, unter denen die Naturkräfte sich offenbaren, einen gemeinsamen Ursprung haben oder, mit anderen Worten,

1) Philosophical Transactions, 1846, p. 1.

2) Der Titel dieser Abhandlung hat, wie ich erfahre, Viele zu einer missverständlichen Auffassung ihres Inhaltes verleitet, und ich nehme mir daher die Freiheit, diese erläuternde Note hinzuzufügen. Ohne mich für oder wider die Annahme eines Aethers oder die Corpusculartheorie oder irgend eine andere mögliche Ansicht über die Natur des Lichtes auszusprechen, und in Erwägung, dass wir, soviel ich sehen kann, in Wahrheit über einen Lichtstrahl nicht mehr wissen als über eine magnetische oder elektrische Kraftlinie oder auch eine Linie der Schwerkraft, nicht mehr, als dass diese wie jener sich in und an den Substanzen manifestiren, glaube ich, dass in den Versuchen, die ich in dieser Abhandlung beschreibe, das Licht eine magnetische Einwirkung erlitten hat, d. h. dass das, was an den Kräften der Materie magnetisch ist, afficirt worden ist und andererseits das, was in der Kraft des Lichtes wahrhaft magnetisch ist, afficirt hat. Mit dem Worte magnetisch umfasse ich hier die eigenthümlichen Aeusserungen der Kraft eines Magnets, sie mögen sich an magnetischen oder diamagnetischen Körpern offenbaren. Den Ausdruck „Erleuchtung der magnetischen Kraftlinien“ hat man dahin verstanden, als hätte ich diese leuchtend gemacht. Diesen Sinn sollten meine Worte nicht haben, sondern ich wollte damit nur sagen, dass die magnetische Kraftlinie erleuchtet wurde, wie die Erde von der Sonne oder das Fadenkreuz eines Fernrohres von einer Lampe erleuchtet wird. Mit Hilfe eines Lichtstrahles können wir *mit dem Auge* die Richtung der einen Körper durchdringenden magnetischen Kraftlinien verfolgen, und indem wir den Strahl und seine optischen Wirkungen auf das Auge abändern, können wir den Verlauf dieser Linien sehen wie den Verlauf eines Fadens aus Glas oder einer anderen durchsichtigen Substanz, wenn sie durch

in so unmittelbarer Verwandtschaft und gegenseitiger Abhängigkeit stehen, dass sie sich gleichsam in einander verwandeln können und ihre Wirkung sich in äquivalenten Grössen äussert.¹⁾ In neuerer Zeit haben sich die Beweise für ihre Umwandelbarkeit in beträchtlichem Maasse gehäuft, und es ist bereits ein Anfang gemacht, die Kraftäquivalente zu bestimmen.

2147. Diese feste Ueberzeugung dehnte ich auch auf die Kräfte des Lichtes aus, und sie veranlasste mich schon früher zu vielfachen Versuchen, deren Ziel die Auffindung einer unmittelbaren Beziehung zwischen Licht und Electricität und ihrer Wechselwirkung in beiden Kräften zugleich unterworfenen Körpern war²⁾; allein die Resultate waren negativ, was späterhin Wartmann nur bestätigen konnte.³⁾

2148. Diese erfolglosen Bemühungen nebst vielen anderen, die niemals veröffentlicht wurden, konnten meine aus philosophischen Betrachtungen gewonnene Ueberzeugung nicht umstossen, und ich nahm daher neuerdings die experimentelle Untersuchung in einer sehr strengen und eindringlichen Weise wieder auf, und es ist mir schliesslich gelungen, *einen Lichtstrahl zu magnetisiren und zu elektrisiren und eine magnetische Kraftlinie zu erleuchten*. Diese Resultate will ich, ohne in das Detail vieler fruchtloser Versuche einzugehen, so kurz und klar beschreiben als ich vermag.

2149. Ehe ich jedoch hierzu übergehe, will ich einige Ausdrücke, die zu gebrauchen ich Gelegenheit haben werde, definiren. Unter *Linie magnetischer Kraft* oder *magnetischer Kraftlinie* oder *magnetischer Curve* verstehe ich diejenige Aeusserung magnetischer Kraft, welche in Linien vor sich geht, die gemeinhin magnetische Curven genannt werden, und die sowohl von Magnetpolen fort und zu ihnen hin gehen, als auch concentrische Kreise um einen elektrischen Strom bilden. Unter *elektrischer Kraftlinie* verstehe ich die Kraft, die sich in Linien äussert, welche zwei nach den Principien der elektrostatischen Induction (1161 etc.) auf einander wirkende Körper verbinden und

das Licht sichtbar gemacht werden. Dies verstand ich unter *Erleuchtung*, wie aus der Abhandlung vollkommen deutlich hervorgeht. — 15. Dec. 1845. M. F.

[Man hat auch nach dieser Erläuterung immer wieder Klage geführt über die Unklarheit des in Rede stehenden Ausdrucks, aber ich glaube, mit Unrecht. Bis dahin liessen sich die magnetischen Kraftlinien nur durch Eisenfeilspäne, also an einem undurchsichtigen Körper sichtbar machen, und das Licht spielte hierbei nur eine indirecte Rolle, insofern wir es haben müssen, um die Eisenfeilspäne überhaupt zu sehen. In der vorliegenden Abhandlung aber ist es das Licht selbst, das durch den Magnetismus eine Abänderung erleidet in einem durchsichtigen Körper, und die Art dieser Abänderung macht uns das Dasein und den Verlauf der magnetischen Kraftlinien unmittelbar sichtbar. Man könnte Faraday's Titel „On the magnetization of light and the illumination of magnetic lines of force“ sinngemäss einfach so wiedergeben: „Ueber die Magnetisirung des Lichtes und die hierdurch bewirkte Sichtbarmachung der magnetischen Kraftlinien“. D. Ü.]

1) Experimental-Untersuchungen 57, 366, 376, 877, 961, 2071.

2) Philosophical Transactions, 1834. Experimental-Untersuchungen 951—955.

3) Archives de l'Électricité, II, pp. 596—600.

die sowohl krumm als gerade sein können. Unter einem *Diamagneticum* verstehe ich einen Körper, durch den magnetische Kraftlinien hindurchgehen können, ohne dass er unter ihrem Einfluss den gewöhnlichen magnetischen Zustand des Eisens oder Magneteisensteins annimmt.

2150. Ein von einer Argandlampe ausgehender und durch Reflexion an einer Glasfläche in horizontaler Ebene polarisirter Lichtstrahl wurde durch ein Nicol'sches Prisma gesandt, das zur leichteren Untersuchung desselben um eine horizontale Axe drehbar war. Zwischen dem polarisirenden Spiegel und dem Nicol waren zwei kräftige Elektromagnetpole, entweder die Pole eines Hufeisenmagnets oder die ungleichnamigen Pole zweier cylindrischer Magnete aufgestellt. Ihr Abstand von einander in Richtung des Strahles betrug ungefähr 2 Zoll, und zwar befanden sich beide entweder auf derselben Seite des polarisirten Lichtstrahles, so dass er nahe bei ihnen vorbeiging, oder zu beiden Seiten desselben, so dass er zwischen ihnen hindurchging und seine Richtung stets parallel oder nahezu parallel der magnetischen Kraftlinie war (2149). Demnach musste eine durchsichtige Substanz zwischen den beiden Polen von dem polarisirten Lichtstrahl und den magnetischen Kraftlinien gleichzeitig und in derselben Richtung durchsetzt werden.

2151. Vor sechzehn Jahren machte ich einige Versuche über optisches Glas bekannt¹⁾ und beschrieb die Darstellung und allgemeinen Eigenschaften einer Art schweren Glases, das seiner Zusammensetzung wegen kieselborsaures Bleioxyd genannt wurde. Dieses Glas war es, das mich auf die Entdeckung der Beziehung zwischen Licht und Magnetismus führte und das sich weit besser als irgend ein anderer Körper zum Nachweis derselben eignet. Der Deutlichkeit wegen will ich zunächst die Erscheinungen beschreiben, wie sie sich bei dieser Substanz zeigen.

2152. Ein Stück dieses Glases von ungefähr 2 Zoll im Quadrat und 0,5 Zoll Dicke mit plangeschliffenen Endflächen wurde als *Diamagneticum* (2149) zwischen die Pole (die noch nicht durch den elektrischen Strom magnetisirt waren) gestellt, so dass der polarisirte Lichtstrahl es seiner Länge nach durchlaufen musste; das Glas wirkte nicht anders als Luft, Wasser oder eine ähnliche indifferente Substanz, denn wenn das Nicol in eine solche Lage gebracht war, dass der polarisirte Lichtstrahl ausgelöscht oder vielmehr das von ihm erzeugte Bild unsichtbar war, so brachte die Zwischensetzung dieses Glases keine Aenderung hervor. Wenn nun unter diesen Umständen der Elektromagnet erregt wurde, indem man durch seine Drahtumwicklung einen elektrischen Strom sandte, so wurde das Bild der

¹⁾ Philosophical Transactions, 1830, p. 1. Ich kann bei dieser Gelegenheit nicht unterlassen, Anderson zu erwähnen, der mein Assistent bei den Glas-Versuchen war und seitdem im Laboratorium der Royal Institution geblieben ist. Er unterstützte mich bei allen seitdem von mir unternommenen Untersuchungen, und seiner Sorgfalt, Ausdauer, Genauigkeit und Gewissenhaftigkeit in Ausführung aller ihm ertheilten Aufträge habe ich viel zu verdanken. — M. F.

Lampenflamme sofort sichtbar und blieb es, so lange der Magnetismus unterhalten wurde. Sobald man den Strom unterbrach und hierdurch die magnetische Kraft zum Verschwinden brachte, verschwand auch das Licht augenblicklich. Diese Erscheinungen konnten nach Belieben wiederholt werden und zeigten somit in jedem Augenblick und bei jeder Gelegenheit, dass ein vollkommener Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung bestand.

2153. Der hierbei angewandte Volta'sche Strom wurde von fünf Grove'schen Elementen geliefert, und die Elektromagnete waren so stark, dass die Pole einzeln ein Gewicht von achtundzwanzig bis sechundfünfzig Pfund und darüber tragen konnten. Wer die Erscheinung nicht kennt, würde bei Anwendung eines schwachen Magnets nicht im Stande sein, sie wahrzunehmen.

2154. Der Charakter der hier auf das Diamagneticum ausgeübten Kraft ist der einer *Drehung*; denn wenn das Bild der Lampenflamme sichtbar geworden ist, so wird eine grössere oder geringere Drehung des Prismas nach rechts oder links es auslöschen und eine weitere Drehung von hier aus in dem einen oder anderen Sinne es wieder zum Vorschein bringen, und zwar in complementären Farben, je nachdem die letztere Drehung nach rechts oder nach links erfolgte.

2155. Wenn der dem Beobachter nähere Pol ein bezeichneter, d. h. identisch mit dem Nordende einer Magnetnadel, und der entferntere Pol ein unbezeichneter war, so war der Strahl nach rechts gedreht, denn man musste das Prisma nach rechts oder im Sinne eines Uhrzeigers drehen, um den Strahl einzuholen und das Bild wieder in den früheren Zustand zu versetzen. Wurden die Pole umgekehrt, was sich leicht durch Umkehrung der Richtung des elektrischen Stromes bewerkstelligen liess, so war auch die Drehung dem Sinne nach umgekehrt, also eine linksseitige, der Grösse nach aber gleich der früheren. Für dieselbe *magnetische Kraftlinie* (2149) war die Richtung immer dieselbe.

2156. Wenn das Diamagneticum in verschiedene, leicht vorzustellende Lagen gegen die Magnetpole gebracht wurde, so waren die Resultate der Grösse nach mehr oder weniger beträchtlich und der Art nach ganz bestimmt. Die eben beschriebenen Erscheinungen können jedoch als ein Hauptbeispiel für diese gelten, auf welche ich soweit nothwendig späterhin zurückkommen werde.

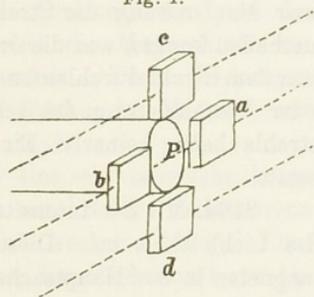
2157. Dieselben Erscheinungen traten in dem kieselborsauren Bleioxyd (2151) ohne Anwendung eines elektrischen Stromes unter Einfluss eines gewöhnlichen guten hufeisenförmigen Stahlmagnets auf. Die Resultate waren schwach, aber doch hinreichend, um die vollkommene Identität dieser Wirkung von Elektromagneten und gewöhnlichen Magneten auf das Licht zu zeigen.

2158. Wurden zwei Magnetpole einander gegenübergestellt, d. h. bildeten die Elektromagnetkerne hohle Eisencylinder, so dass der polarisirte Licht-

strahl längs ihren Axen und durch das zwischen denselben befindliche Diamagneticum hindurch ging, so war die Wirkung dieselbe.

2159. Nun wurde nur ein Pol angewandt, und zwar das eine Ende eines kräftigen cylindrischen Elektromagnets. Befand sich das schwere Glas dicht neben dem Magnet, an der dem Auge des Beobachters abgewandten Seite desselben zwischen dem Magnet und dem polarisirenden Reflector, so erfolgte die Drehung in einem bestimmten von dem Vorzeichen des Poles abhängigen Sinne; derselbe Pole bewirkte aber eine Drehung im entgegengesetzten Sinne, wenn das Diamagneticum sich wiederum dicht neben dem Magnet, aber diesseits desselben zwischen ihm und dem Auge des Beobachters befand. Mit der Vertauschung des Poles ändern sich auch die Drehungsrichtungen. War das schwere Glas über dem Pole oder in entsprechender Lage unter demselben aufgestellt, so dass die *magnetischen Curven* nicht mehr parallel zu dem polarisirten Lichtstrahl das Glas durchsetzten, sondern im rechten Winkel zu jenem standen, so fand gar keine Wirkung statt. Diese verschiedenen Fälle sind aus nebenstehender Figur ersichtlich, wo *a* und *b* die ersteren, *c* und *d* die letzteren Lagen des Diamagneticums, und die gestrichelten Linien den Gang des Lichtstrahls darstellen. Auch wenn das Glas direct vor das Ende des Magnets gestellt wurde, so erfolgte keine Wirkung auf einen Lichtstrahl, der in der eben erwähnten Richtung ging, obwohl, wie sich aus dem oben Gesagten (2155) ergibt, ein Lichtstrahl, der das Glas in dieser Lage *parallel* zu den magnetischen Kraftlinien durchsetzte, afficirt werden würde.

Fig. 1.

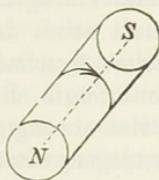


2160. Magnetische Kraftlinien, die durch kieselborsaures Bleioxyd und viele andere Substanzen (2173) hindurchgehen, befähigen also diese Körper auf einen polarisirten Lichtstrahl zu wirken, wenn jene Linien dem Lichtstrahl parallel sind, oder in dem Verhältniss als sie ihm parallel sind, während sie keine Wirkung haben, wenn die Linien senkrecht zum Lichtstrahl sind. Sie ertheilen dem Diamagneticum die Fähigkeit, den Strahl zu drehen, und zwar gilt für diese Wirkung das *Gesetz*, dass eine längs einem gegen den Beobachter gerichteten polarisirten Lichtstrahl *von* einem Nordpol *ausgehende* oder von einem Südpol *herkommende* magnetische Kraftlinie den Lichtstrahl nach rechts dreht, während eine solche vom Nordpol herkommende oder vom Südpol fortgehende Kraftlinie ihn nach links dreht.

2161. Denkt man sich als Diamagneticum einen Pfropfen oder einen Glascylinder, dessen Enden, um die Magnetpole vorzustellen, mit N und S bezeichnet seien, so kann man die Verbindungslinie dieser Buchstaben als eine magnetische Kraftlinie ansehen, und wenn man um den Cylinder eine mit Pfeilspitzen versehene Linie zieht in der in der Figur gezeichneten

Richtung, so lässt sich an diesem einfachen, vor das Auge gehaltenen Modell das ganze Gesetz und die Drehungsrichtung in jeder Lage veranschaulichen. Denkt man sich eine Taschenuhr als Diamagneticum, an der Vorderfläche den Nordpol und an der Rückseite den Südpol eines Magnets, so giebt die Bewegung des Uhrzeigers die Richtung an, in welcher ein Lichtstrahl bei der Magnetisirung gedreht wird.

Fig. 2.



2162. Ich will nun übergehen zu den Bedingungen, welche den Bereich und die Natur dieser neuen Kraftwirkung auf das Licht beeinflussen, begrenzen und bestimmen.

2163. In erster Linie scheint die Drehung proportional zu sein der Dicke der von dem Lichtstrahl und den magnetischen Kraftlinien durchlaufenen Schicht des Diamagneticums. Ich hielt die Stärke des Magnets und den Abstand seiner Pole constant und brachte zwischen dieselben verschiedene Stücke desselben schweren Glases (2151). Je grösser die Ausdehnung des Diamagneticums in Richtung des Lichtstrahls war, es mochte nur aus einem oder aus zwei oder drei Stücken bestehen, desto grösser war die Drehung des Strahles, und soweit ich nach diesen ersten Versuchen urtheilen konnte, war die Grösse der Drehung genau proportional der Dicke der von dem Strahl durchlaufenen Schicht des Diamagneticums. Eine Vermehrung oder Verminderung des schweren Glases an der Seite der Bahn des Lichtstrahls hatte keinerlei Einfluss auf den Theil, welchen der Strahl durchsetzte.

2164. Mit der Intensität der magnetischen Kraftlinien *nahm* die Drehung des Lichtstrahls *zu*. Dieser Satz lässt sich bei Anwendung von Elektromagneten in der Hauptsache leicht bewahrheiten; innerhalb der Stärkegrenzen, welche ich benutzt habe, scheint die Drehung der Intensität der magnetischen Kraft direct proportional zu sein.

2165. Ausser dem schweren Glase erlangen auch andere Substanzen die Eigenschaft unter dem Einfluss der magnetischen Kraft auf das Licht zu wirken (2173). Besitzen dieselben ein eigenes Drehungsvermögen, wie beispielsweise Terpentinöl, Zucker, Weinsteinensäure, weinsteinsäure Salze u. s. w., so hat man die Wirkung der magnetischen Kraft der ihrer specifischen Kraft hinzuzufügen oder abzuziehen, je nachdem die ihnen von Natur eigene und die durch den Magnetismus bewirkte Drehung nach rechts oder nach links gerichtet ist (2231).

2166. Ich habe nicht finden können, dass diese Eigenschaft des dem gleichzeitigen Einfluss des Magnetismus und des Lichtes ausgesetzten Diamagneticums durch irgend eine Bewegung, die ich demselben zu geben vermochte, geändert wird.

2167. Die Zwischenschaltung von Kupfer, Blei, Zinn, Silber und anderen im gewöhnlichen Sinne nichtmagnetischen Körpern in den Lauf der magnetischen Curven zwischen den Pol und das Diamagneticum oder

in anderen Lagen übe auf die Erscheinungen weder der Art noch der Grösse nach irgend einen Einfluss aus.

2168. Eisen beeinflusste die Resultate oft sehr beträchtlich, aber dies schien immer entweder von einer Aenderung in der Richtung der magnetischen Kraftlinien oder von einer Vertheilung ihrer Stärke im Eisen selbst herzurühren. Waren beispielsweise zwei ungleichnamige Pole an der einen Seite des polarisirten Lichtstrahles (2150) aufgestellt und das schwere Glas in der günstigsten Lage zwischen ihnen und zum Lichtstrahl (2152), so bewirkte die Annäherung eines grossen Eisenstückes an das Glas auf der anderen Seite des Strahles eine Schwächung des Drehungsvermögens des Diamagneticums. Dies kam daher, dass gewisse magnetische Kraftlinien, die früher parallel dem Strahl durch das Glas gingen, nun das Glas und den Strahl kreuzten; denn das Eisen erhielt zwei den Magnetpolen entgegengesetzte Pole und lenkte so einen gewissen Theil der magnetischen Kraft in eine neue, den polarisirten Lichtstrahl kreuzende Bahn.

2169. Wurde das Eisen anstatt auf der Gegenseite auf derselben Seite des Glases und Magnets demselben genähert oder mit ihm in Berührung gebracht, so trat ebenfalls eine Schwächung des Drehungsvermögens des Diamagneticums ein, einfach aus dem Grunde, weil die Magnetkraft von demselben fort in eine neue Richtung gelenkt wurde. Diese Wirkungen hängen natürlich in bedeutendem Maasse von der Stärke des Magnets und von der Grösse und Weichheit des Eisens ab.

2170. Spiralen (2190) ohne Eisenkern übten eine sehr schwache, kaum merkliche Wirkung aus; mit Eisenkern wirkten sie kräftig, selbst wenn nicht mehr Elektrizität durch sie hindurchging als vorher (1071). Dies zeigt in sehr einfacher Weise, dass die unter diesen Umständen auftretenden Lichterscheinungen in directem Zusammenhange stehen mit der von dem Apparat gelieferten magnetischen Kraftform. Dasselbe beweist ein anderer Vorgang. Wird die Batterie geschlossen und der Strom durch die Windungen des Elektromagnets hindurchgesandt, so tritt das durch die Drehung des polarisirten Lichtstrahles zum Vorschein kommende Bild nicht sofort in seiner vollen Helligkeit auf, sondern steigt allmählich im Laufe einiger Secunden zum Helligkeitsmaximum an; bei Unterbrechung des Stromes verschwindet es dagegen anscheinend augenblicklich ganz. Die allmähliche Zunahme der Helligkeit erklärt sich daraus, dass der Eisenkern des Elektromagnets *Zeit* braucht, um die ganze magnetische Kraft, welche der elektrische Strom in ihm erregen kann, zu entfalten, und wie der Magnetismus an Stärke zunimmt, so wächst auch seine Wirkung auf das Licht. Dies ist der Grund der Zunahme der Drehung.

2171. Bisher habe ich nicht finden können, dass das schwere Glas (2151) in diesem Zustande, d. h. wenn es von magnetischen Kraftlinien durchsetzt wird, eine spezifische Magnetinductionswirkung bekannter Art oder eine Zunahme derselben äussert. Ich habe es in beträchtlichen Quantitäten in ver-

schiedenen Lagen zwischen Magnete und Magnetenadeln gebracht, konnte aber mit meinen sehr empfindlichen Hilfsmitteln keinen Unterschied zwischen ihm und der Luft auffinden.

2172. Beim Wasser, Alkohol, Quecksilber und anderen Flüssigkeiten in sehr grossen empfindlichen thermometerförmigen Gefässen konnte ich auch keinen Volumunterschied wahrnehmen, wenn die magnetischen Curven durch sie hindurchgingen.

2173. Es ist Zeit, dass ich diese Kraftäusserung des Magnetismus auf das Licht nicht bloss im kieselborsauren Bleioxyd (2151), sondern auch in vielen anderen Substanzen in Betracht ziehe. Hier bemerken wir nun zunächst, dass, wenn alle durchsichtigen Körper diese Kraft äussern, sie dies in sehr verschiedenem Grade thun, und dass es vorläufig einige giebt, die sie gar nicht zeigen.

2174. Demnächst nehmen wir wahr, dass Körper von unter einander ausserordentlich verschiedenen chemischen, physikalischen und mechanischen Eigenschaften diese Kraft äussern; denn feste wie flüssige Körper, Säuren, Alkalien, Oele, Wasser, Alkohol, Aether, sie alle besitzen diese Kraft.

2175. Endlich bemerken wir, dass, so verschieden auch die Grösse der Wirkung ist, sie doch der Art nach in ihnen allen dieselbe ist, nämlich die Aeusserung einer den Lichtstrahl drehenden Kraft, und dass ferner die Richtung der Drehung in allen Fällen unabhängig ist von der Natur und dem Zustande der Substanz und nur abhängig, entsprechend dem oben aufgestellten Gesetze (2160), von der Richtung der magnetischen Kraftlinien.*)

2176. Ich habe bereits erwähnt, dass unter den Substanzen, bei welchen sich diese Wirkung findet, das *kieselborsaure Bleioxyd* (2151) zum Nachweis der Erscheinungen vorzüglich geeignet ist. Ich bedaure, dass dies gerade am besten ist, weil es wahrscheinlich nicht Vielen zur Verfügung steht, und nur Wenige sich die Mühe nehmen dürften, es sich herzustellen. Es muss übrigens gut gekühlt sein, da es sonst die Eigenschaft hat, das Licht in bedeutendem Maasse zu depolarisiren, und dann die in Rede stehenden Erscheinungen viel weniger auffallend zu beobachten sind. Indess besitzt das *Bleiborat*, das viel schmelzbarer ist, bei der Siedetemperatur des Oels erweicht und sich daher weit leichter in Form von Glasplatten erhalten und kühlen lässt, ein ebenso starkes magnetisches Licht-Drehungsvermögen als das *Silicoborat* selbst. *Flintglas* zeigt die Eigenschaft in geringerem Grade als die eben genannten Substanzen und *Crownglas* in noch schwächerem Maasse.

2177. Benutzte ich krystallinische Körper als Diamagnetica, so gab ich ihnen stets die Lage, in welcher sie den polarisirten Lichtstrahl nicht beeinflussten, und liess dann die magnetischen Curven sie durchsetzen. Im Allgemeinen schienen sie der Annahme eines Drehvermögens zu widerstehen.

*) Dies trifft bekanntlich nach den Untersuchungen von Verdet nicht zu, da z. B. viele Eisensalzlösungen entgegengesetzt drehen als die meisten übrigen Körper. D. Ü.

Steinsalz und *Flussspath* zeigten dasselbe in schwachem Grade. Ebenso schien sich mir ein Alaunkrystall zu verhalten, doch war die Strecke des Strahles in dem durchsichtigen Theile so kurz, dass ich die Thatsache nicht sicher entscheiden konnte. Zwei Exemplare von durchsichtigem Flussspath, die Tennant mir lieh, gaben eine Wirkung.

2178. *Bergkrystall* von 4 Zoll Dicke verrieth keine Wirkung auf den Strahl, ebensowenig thaten es kleine Krystalle oder Würfel von etwa dreiviertel Zoll Seite, die so geschnitten waren, dass zwei ihrer Flächen senkrecht zur Krystallaxe lagen (1692, 1693); die Würfel wurden in jeder Richtung untersucht.

2179. *Kalkspath* bot weder in Form von Rhomboedern noch in Form von Würfeln wie die eben beschriebenen (1695) Anzeichen einer Wirkung dar.

2180. Ebenso waren *Bariumsulphat*, *Calciumsulphat*, *Natriumcarbonat* ohne Wirkung auf das Licht.

2181. Mit einem schönen, klaren Stück *Eis* erhielt ich keine Wirkung. Ich kann jedoch nicht sagen, dass keine vorhanden war; denn die Wirkung derselben Masse Wasser würde sehr gering sein, und die Unregelmässigkeit der durch das Schmelzen des Eises und Abtropfen des Wassers abgeflachten Oberfläche machte die Beobachtung sehr schwierig.

2182. Mit einer gewissen Neugierde und Hoffnung zugleich brachte ich Blattgold in die magnetischen Kraftlinien, konnte jedoch keine Wirkung wahrnehmen. Es liess sich auch kaum ein positives Resultat erwarten, wenn man bedenkt, wie ausserordentlich klein die Bahnstrecke ist, welche der polarisirte Lichtstrahl darin zurücklegt.

2183. Um diese Beobachtungen an Flüssigkeiten anzustellen, verfährt man sehr zweckmässig so, dass man sie in Flaschen von $1\frac{1}{2}$ bis 3 oder 4 Zoll Durchmesser zwischen die Magnetpole bringt (2150) und das analysirende Ocular der Flasche so weit nähert, dass letztere bei gehöriger Einstellung ein entsprechend ihrer cylindrischen Gestalt diffuses aber brauchbares Bild der Flamme der dahinter aufgestellten Lampe giebt. Das Licht dieses Bildes lässt sich von dem, welches nach unregelmässiger Brechung durch die Streifen und Unregelmässigkeiten des Glases hindurchgeht, leicht unterscheiden, und man sieht leicht die darin auftretenden Erscheinungen.

2184. Wasser, Alkohol und Aether geben den Effect, und zwar Wasser am stärksten, Alkohol schon weniger und am schwächsten Aether. Dergleichen tritt die Erscheinung in allen von mir untersuchten fixen Oelen ein; dazu gehören Mandelöl, Ricinusöl, Olivenöl, Mohnöl, Leinöl, Wallrathöl, Eläin aus dem Schweineschmalz und destillirtes Harzöl, ferner die ätherischen Oele, wie Terpentinöl, Bittermandelöl, Spicaöl, Lavendelöl, Jasminöl, Nelkenöl und Lorbeeröl; auch verschiedene Arten von Naphta, geschmolzener Wallrath, geschmolzener Schwefel, Chlorschwefel, Chlorarsen und jede andere flüssige Substanz, die ich zur Hand hatte und in hinreichender Menge zum Versuche verwenden konnte.