

I. *Zwanzigste Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektrizität;*
von Michael Faraday.

(Mitgetheilt vom Hrn Verf. in einem besonderen Abdruck aus den
Phil. Transact. f. 1846, pt. I.)

§. 27. Ueber neue magnetische Wirkungen und über den magnetischen Zustand aller Substanzen ¹⁾).

2243) **D**er Inhalt der letzten Reihe dieser Untersuchungen ist, glaube ich, hinreichend, um die Behauptung zu rechtfertigen, daß der Materie ein (für uns) neuer magnetischer Zustand eingeprägt wird, wenn man sie der Wir-

1) Mein Freund, Hr. Wheatstone, hat mich dieser Tage aufmerksam gemacht auf einen Aufsatz von Hrn. Becquerel: „Ueber die durch den Einfluß sehr kräftiger Magnete in allen Körpern erregten magnetischen Wirkungen,“ gelesen in der Acad. d. Wissenschaften zu Paris am 17. Sept. 1827, und veröffentlicht in den *Annal. de chim. et de phys. T. XXXVI, p. 337* (Auszugsweise auch in diesen Annalen, Bd. XII, S. 622. P.). Er betrifft die Wirkung des Magneten auf eine Magnetnadel, auf weiches Eisen, Eisenoxyduloxyd, Eisenoxyd, und auf eine Holznadel. Der Verf. beobachtete und, wie er anführt, hatte es schon Coulomb beobachtet, daß eine Holznadel sich unter gewissen Bedingungen *winkelrecht* gegen die magnetischen Curven stelle; auch fand er die auffallende Thatsache, daß eine Holznadel sich den Windungen eines Galvanometers parallel stelle. Er bezieht jedoch diese Erscheinungen auf einen Magnetismus, der an Stärke geringer, doch im Charakter derselbe sey als der im Eisenoxyd, denn die Körper nehmen dieselbe Stellung an. Er giebt an, die Polarität des Stahls und Eisens sey nach der Länge der Substanz gerichtet, die des Eisenoxyds, des Holzes und Gummilacks aber meistens, und, bei Anwendung Eines Magnetpoles immer, nach der Breite. „Diese Verschiedenheit, welche eine Gränzlinie zwischen den beiden Arten von Erscheinungen errichtet, rührt davon her, daß, da der Magnetismus im Eisenoxyd, Holz u. s. w. sehr schwach ist,

kung magnetischer und elektrischer Kräfte unterwirft (2227); und dieser neue Zustand äufsert sich durch die Wirkung, welche die Materie auf das Licht erlangt. Die nun zu beschreibenden Erscheinungen sind von ganz anderer Natur, und erweisen einen uns zuvor unbekanntem magnetischen Zustand, nicht nur der angeführten Substanzen, sondern auch vieler anderen (worunter eine große Zahl opaker und metallischer) und vielleicht aller, mit Ausnahme der magnetischen Metalle und deren Verbindungen; und auch diese versehen uns vermöge dieses Zustands mit den Mitteln, die Verknüpfung der magnetischen Erscheinungen, und vielleicht die Aufstellung einer auf einfachen Grundsätzen errichteten Theorie der allgemeinen magnetischen Action zu unternehmen.

2244) Die ganze Materie ist so neu und die Erscheinungen sind so mannigfaltig und allgemein, daß ich, bei allem Wunsche mich kurz zu fassen, doch vieles beschreiben muß, was sich zuletzt unter einfache Principien bringen lassen wird. Beim gegenwärtigen Zustand unserer Kenntnifs ist aber dieß der einzige Weg, auf welchem ich diese Principien und ihre Resultate hinreichend klar machen kann.

die Reaction des Körpers auf sich selbst vernachlässigt werden kann, und deshalb die directe Einwirkung des Stabes dieselbe überwiegt.“

Da der Aufsatz die Erscheinungen beim Holz und Gummilack nicht auf eine elementare *Repulsivwirkung* bezieht, nicht zeigt, daß sie einer ungeheuren Klasse von Körpern angehören, auch diese Klasse, welche ich die diamagnetische genannt habe, nicht von der magnetischen unterscheidet; da sie ferner alle magnetische Wirkung nur als Einer Art betrachtet, während ich gezeigt, daß es deren zwei Arten giebt, so verschieden von einander als positive und negative elektrische Wirkung in ihrer Weise, — so glaube ich nicht nöthig zu haben, an dem, was ich geschrieben, ein Wort oder das Datum zu ändern. Mit Freuden spreche ich übrigens hier meine Anerkennung der wichtigen Arbeiten des Hrn. Becquerel's über diesen Gegenstand aus. — M. F. Dec. 5, 1845. [Ich erinnere hier an Seebeck's Aufsatz, der am 11. Juni 1827 in der Berliner Academie gelesen worden ist, S. Ann. Bd. X, S. 203. P.]

I. Erforderlicher Apparat.

2245) Die zu beschreibenden Effecte erfordern einen magnetischen Apparat von großer Kraft, deren man völlig Herr ist. Beides erlangt man durch den Gebrauch von Elektromagneten, deren Kraft sich weit über die von natürlichen oder Stahl-Magneten steigern läßt; auch kann man denselben ihre Kraft plötzlich ganz nehmen oder sie auf den höchsten Grad erheben, ohne daß man an den zum Versuche nöthigen Vorrichtungen irgend etwas zu ändern braucht.

2246) Einer der von mir gebrauchten Elektromagneten ist der, welchen ich unter dem Namen *Woolwich-Rolle* schon beschrieben habe (2192). Der dazu gehörige Kern von weichem Eisen hält 28 Zoll in Länge und 2,5 Zoll im Durchmesser. Wenn er durch 10 Grove'sche Platinpaare in Thätigkeit gesetzt wird, trägt jedes seiner Enden ein oder zwei Funzig-Pfundstücke. Er kann vertical und horizontal gestellt werden. Der Eisenkern ist ein Cylinder mit flachen Enden, doch habe ich, erforderlichenfalls, einen Eisenkegel von 2 Zoll Durchmesser an der Base und 1 Zoll Höhe auf eins seiner Enden gesetzt.

2247) Ein anderer meiner Magnete ist hufeisenförmig gestaltet. Der Eisenstab hält 46 Zoll in Länge und 3,75 Zoll im Durchmesser, und ist so gebogen, daß die Enden, welche die Pole bilden, 6 Zoll auseinanderstehen. Die beiden geraden Arme des Stabes sind bewickelt mit 522 Fufs eines 0,17 Zoll dicken und mit Zwirn überspannenen Kupferdrahts, der auf diesen Armen zwei Gewinde bildet, jedes von 16 Zoll Länge und aus drei Drahtlagen bestehend. Die Pole sind natürlicherweise 6 Zoll von einander und ihre Enden genau geebnet. Gegen diese sind zwei Stäbe von weichem Eisen, 7 Zoll lang, $2\frac{1}{2}$ und 1 Zoll dick, beweglich und durch Schrauben in jeder Entfernung bis zu 6 Zoll von einander zu halten. Die Enden dieser Stäbe bilden die entgegengesetzten ungleichnamigen Pole; das magnetische Feld zwischen ihnen kann größer oder kleiner ge-

macht, und somit die Intensität der Magnetkraftlinien verhältnismässig abgeändert werden.

2248) Zur Aufhängung der Substanzen zwischen oder neben den Polen dieser Magnete gebrauchte ich bisweilen eine Glasflasche, oben mit einer Platte und einem verschiebbaren Stab. Sechs oder acht gleichmässig ausgestreckte Coconfäden, zu einem Faden vereinigt, wurden oben an dem verschiebbaren Stab befestigt, und trugen unten einen Papierbügel, in welchen die zu untersuchende Substanz gelegt wurde.

2249) Eine andere sehr nützliche Aufhängungsart bestand darin, dass ein sechs Fufs langer Faden, befestigt an einem ajustirbaren Arm nahe an der Decke des Zimmers; unten einen kleinen Ring aus Kupferdraht trug; die zu untersuchende Substanz lag auf einem aus feinem Kupferdraht gebildeten Rost (*cradle*), der mittelst eines acht bis zehn Zoll langen und oben hakenförmig endenden Drahts in den Ring gehängt war. Die Höhe der zu untersuchenden Substanz konnte dadurch beliebig abgeändert werden, dass man den Draht an der gehörigen Stelle zu einem Haken bog. Ein zwischen den Magnetpolen angebrachter Glascylinder war völlig hinreichend, die aufgehängte Substanz vor jeder aus Luftzug entspringenden Bewegung zu schützen.

2250) Bevor man mit diesem Apparat eine Untersuchung beginnt, ist es nöthig, sich zu versichern, dass die angewandten Substanzen keinen Magnetismus besitzen. Das Vermögen des Apparats, Magnetismus zu offenbaren, ist so groß, dass es schwer hält, geeignetes Schreibpapier zu dem erwähnten Bügel zu finden. Ehe man daher einen Versuch anstellt, muss man sich überzeugen, dass der angewandte Aufhängungsapparat sich nicht richte, d. h. vermöge der Magnetkraft nicht eine parallele Lage mit der die Pole verbindenden Linie annehme. Beim Gebrauche von kupfernen Aufhängungen zeigt sich eine eigenthümliche Erscheinung (2309), welche indess, richtig verstanden, wie wir späterhin zeigen werden, die Resultate des Versuchs nicht stört. Der Draht muss fein seyn, nicht magnetisch wie Eisen, und

der Rost muß in horizontaler Richtung keine längliche, sondern eine runde oder quadratische Gestalt haben.

2251) Die zu untersuchenden Substanzen müssen sorgfältig auf Magnetismus geprüft, und wenn sie nicht frei davon sind, verworfen werden. Die Prüfung ist leicht, denn wenn sie magnetisch sind, werden sie von dem einen oder andern Pol des großen Magneten angezogen oder zwischen ihnen gerichtet. Eine Prüfung durch kleinere Magnete oder eine Magnetnadel ist zu diesem Zweck nicht hinreichend.

2252) Ich werde oft Gelegenheit haben von zwei Hauptrichtungen im magnetischen Felde zu sprechen, weshalb es mir, um Umschreibungen zu vermeiden, erlaubt seyn mag, ein Paar Kunstausdrücke zu gebrauchen. Die eine dieser Richtungen geht von Pol zu Pol oder längs der Magnetkraftlinie, diese will ich die *axiale* nennen; die andere ist winkelrecht auf ihr, und also auch auf der Magnetkraftlinie, sie mag die *aequatoriale* heißen (Taf. III, Fig. 1). Andere von mir zu gebrauchende Ausdrücke werden sich hoffentlich von selbst erklären.

I. Wirkung der Magnete auf schweres Glas.

2253) Der 2 Zoll lange und etwa 0,5 Zoll breite und dicke Stab von kieselborsaurem Bleioxyd oder schwerem Glase, schon beschrieben als die Substanz, bei welcher zuerst die Wirkung der magnetischen Kräfte auf einen Lichtstrahl nachgewiesen ward (2152), wurde central zwischen den Magnetpolen aufgehängt (2247) und sich überlassen bis der Effect der Torsion vorüber war. Dann wurde der Magnet durch Schließung der Volta'schen Kette in Thätigkeit gesetzt. Sogleich drehte sich der Stab in eine gegen die Magnetkraftlinie winkelrechte Lage, und kam in ihr nach einigen Schwingungen zur Ruhe. Als man ihn mit der Hand aus dieser entfernte, kehrte er in dieselbe zurück, und dies konnte oftmals wiederholt werden.

2254) Jedes Ende des Stabes ging gleichgültig nach jeder Seite der axialen Linie. Der bestimmende Umstand war einfach eine Ablenkung des Stabes, zu Anfang des Ver-

suchs, diefs- oder jenseits von der axialen Linie. Befand sich eins der Enden des Stabes auf einer Seite der magnetischen oder axialen Linie, so ging, wenn der Magnet in Thätigkeit gesetzt ward, dasselbe Ende weiter auswärts, bis der Stab die aequatoriale Lage angenommen hatte.

2255) Eben so wenig machte eine Umkehrung der Magnetpole, durch Umkehrung der Richtung des elektrischen Stroms bewirkt, irgend einen Unterschied in dieser Beziehung. Der Stab ging auf kürzestem Wege in die aequatoriale Lage.

2256) Die Kraft, welche den Stab in diese Lage trieb, hatte man so in seiner Gewalt, dafs man durch gehörige Schließungen der Volta'schen Batterie den schwingenden Stab in seinem Gange zu dieser Lage leicht entweder beschleunigen oder aufhalten konnte.

2257) Es gab für den Stab zwei Gleichgewichtslagen, eine stabile und eine instabile. Befand er sich in Richtung der Axé oder Magnetkraftlinie, so bewirkte die Schließung der Kette keine Aenderung seiner Lage; war er aber im geringsten schief gegen diese Lage, so vergrößerte sich die Schiefe bis der Stab in die aequatoriale Lage gekommen war. Befand sich dagegen der Stab ursprünglich in der aequatorialen Lage, so bewirkte der Magnetismus keine weitere Aenderung, sondern erhielt sich in derselben (2298. 2299. 2384).

2258) Hier haben wir also einen Magnetstab, der sich in Bezug auf Nord- und Südpole, von Osten nach Westen richtet, d. h. winkelrecht gegen die Magnetkraftlinien stellt.

2259) Auch wenn der Stab so hängt, dafs sein Drehpunkt, obwohl in der axialen Linie, nicht gleich weit von den Polen absteht, sondern dem einen näher als dem andern ist, wird er von dem Magnetismus winkelrecht gegen die Magnetkraftlinie gestellt, und zwar gleichgültig mit jedem Ende diefs- oder jenseits der axialen Linie. Zugleich zeigt sich aber noch eine andere Erscheinung; bei Schließung der Kette weicht nämlich der Schwerpunkt des Stabes von dem Pole zurück, und bleibt abgestofsen so lange

der Magnet in Thätigkeit erhalten wird. Bei Aufhebung des Magnetismus kehrt der Stab in die seiner Schwere entsprechende Stelle zurück.

2260) Genau dasselbe findet am anderen Pole des Magneten statt. Jeder von ihnen stößt den Stab zurück, wie auch seine Lage seyn mag, und zugleich ertheilt er ihm eine gegen die Magnetkraftlinie rechtwinkliche Lage.

2261) Ist der Stab gleich weit von den Polen und in der axialen Linie, so ist keine Abstofsung vorhanden oder zu beobachten.

2262) Hält man aber den Drehpunkt in der aequatorialen Linie, d. h. gleich weit von den beiden Polen, und entfernt ihn dießs- oder jenseits ein wenig aus der axialen Linie (2252), so tritt eine andere Erscheinung auf. Der Stab stellt sich wie zuvor gegen die Magnetkraftlinie, weicht aber zugleich aus der axialen Linie, entfernt sich von ihr, und bleibt in dieser neuen Lage so lange als der Magnetismus anhält; mit dessen Verschwinden verläßt er sie wieder.

2263) Statt der beiden Magnetpole kann man auch einen einzigen anwenden, und zwar sowohl in verticaler als in horizontaler Lage. Die Erscheinungen stimmen mit den zuvor beschriebenen vollkommen überein; denn der Stab wird, wenn er dem Pole nahe ist, von diesem in Richtung der Magnetkraftlinien abgestossen und zugleich winkelrecht gegen dieselben gestellt. Ist der Magnet vertical (2246) und der Stab ihm zur Seite, so wird letzterer tangential zur krummen Oberfläche des ersteren gestellt.

2264) Sollen diese Querstellungen gegen die Magnetcurven erfolgen, so muß das schwere Glas eine längliche Gestalt haben; ein Würfel oder ein rundliches Stück wird sich nicht so richten wie ein langes. Zwei oder drei Würfel oder runde Stücke neben einander in den Papierbügel gelegt, so daß sie ein längliches System bilden, richten sich aber.

2265) Stücke von irgend einer Form werden jedoch *abgestossen*; hängt man zum Beispiel zwei Stücke zugleich in

der axialen Linie auf, eins diesem, eins jenem Pole nahe, so werden sie von den respectiven Polen abgestofsen und einander genähert, wie wenn sie sich anzögen. Hängt man dagegen zwei Stücke in der aequatorialen Linie auf, eins auf jeder Seite der Axe, so weichen sie beide von der Axe und scheinen einander abzustofsen.

2266) Aus dem Wenigen, was gesagt ist, geht hervor, dafs die Bewegung des Stabes ein complicirtes Resultat der Kraft ist, welche der Magnetismus auf das schwere Glas ausübt, und dafs Kugel oder Würfel eine viel einfachere Aeußerung dieser Kraft zeigen. Wenn somit ein Würfel zwischen beiden Polen angewandt wird, ist das Resultat eine Abstofsung oder Zurückweichung von jedem Pol, und eben so eine Abweichung aus der magnetischen Axe nach einer oder der anderen Seite.

2267) So wird sich das anzeigende Theilchen entweder längs den magnetischen Curven oder quer gegen sie bewegen, beides entweder in dieser oder jener Richtung; und das einzige Constante dabei ist die Tendenz, von stärkeren zu schwächeren Stellen der magnetischen Kraft überzugehen.

2268) Viel einfacher erscheint dieß bei einem einzelnen Magnetpol, denn dann strebt der anzeigende Würfel (oder Kugel) sich auswärts in Richtung der Magnetkraftlinien zu bewegen. Der Vorgang ähnelt merkwürdig einer schwachen elektrischen Repulsion.

2269) Weshalb ein Stab oder irgend ein längliches Stück des schweren Glases Richtung annimmt, ist nun klar. Es ist blofs das Resultat des Strebens der Theilchen, sich auswärts zu bewegen oder in die Lage der schwächsten magnetischen Action zu begeben. Die Vereinigung der Wirkung aller Theilchen bringt die Masse in die Lage, welche der Versuch als ihr zugehörig ergiebt.

2270) Wenn der eine oder die beiden Magnetpole zugleich thätig sind, so bilden die Bahnen, welche die Theilchen des schweren Glases bei freier Bewegung beschreiben, eine Reihe von Linien oder Curven, auf welche ich mich

späterhin beziehen werde. Da ich Luft, Glas, Wasser u. s. w. diamagnetische Körper nenne (2149), so werde ich diese Linien mit dem Namen *diamagnetische Curven* belegen, um sie von den magnetischen Curven zu unterscheiden.

2271) Bei Eintauchung des schweren Glases in ein zwischen den Polen befindliches Gefäß voll Wasser, Alkohol oder Aether sind alle Erscheinungen wie zuvor. Der Stab richtet sich und der Würfel weicht zurück, genau wie in Luft.

2272) Die Erscheinungen zeigen sich gleich gut in Gefäßen von Holz, Steingut, Thon, Kupfer, Blei, Silber oder irgend einer der Substanzen, die zur Klasse der diamagnetischen gehören (2149).

2273) Dieselbe aequatoriale Richtung und dieselben Bewegungen, aber in sehr schwachem Grade habe ich mittelst eines guten hufeisenförmigen Stahlmagneten erhalten (2157); mittelst Schraubendrähten (2191. 2192) ohne Eisenkern habe ich sie aber nicht bekommen.

2274) Wir haben hier also magnetische Abstofsung ohne Polarität, d. h. ohne Bezug auf einen besonderen Pol des Magneten, denn jeder Pol stößt die Substanz ab, und beide stoßen sie zugleich ab (2262). Das schwere Glas, obwohl der magnetischen Wirkung unterworfen, kann nicht als magnetisch betrachtet werden, wenigstens nicht in der gewöhnlichen Bedeutung des Worts oder wie Eisen, Nickel, Kobalt und deren Verbindungen. Es zeigt uns, unter diesen Umständen eine für unsere Kenntnifs neue magnetische Eigenschaft; und obwohl die Erscheinungen in ihrer Natur und ihrem Charakter sehr verschieden sind von denen, welche bei der Wirkung des schweren Glases auf Licht stattfinden (2152), so scheinen sie doch von demselben Zustand, in welchen dann das Glas versetzt wird, abhängig oder mit ihm verknüpft zu seyn, und sie beweisen daher mit diesen Erscheinungen die Realität dieses neuen Zustands.

III. Wirkung von Magneten auf andere, magnetisch auf Licht einwirkende Substanzen.

2275) Wir können nun vom schweren Glase zur Untersuchung anderer Substanzen übergehen, die, unter dem Einflufs magnetischer und elektrischer Kräfte, im Stande sind einen polarisirten Lichtstrahl zu afficiren und zu drehen (2173), können die Untersuchung auch ausdehnen auf Körper, die wegen Unregelmäßigkeit ihrer Form, unvollkommener Durchsichtigkeit oder völliger Undurchsichtigkeit nicht durch einen polarisirten Lichtstrahl untersucht werden können, denn es hat keine Schwierigkeit sie alle der früheren Probe zu unterwerfen.

2276) Es fand sich bald, daß die Eigenschaft, von den Magnetpolen afficirt und abgestofsen zu werden, nicht bloß dem schweren Glase eigen ist. Borsaures Bleioxyd, Flint- und Kronglas stellen sich in derselben Weise aequatorial und erleiden in der Nähe der Pole dieselbe Abstofsung wie schweres Glas, doch nicht in demselben Grade.

2277) Unter den Substanzen, die nicht der Untersuchung durch Licht unterworfen werden konnten, zeigte Phosphor in Cylindergestalt die Erscheinungen sehr gut, ich glaube so kräftig wie schweres Glas, wenn nicht kräftiger. Ein Cylinder von Schwefel und ein langes Stück Kautschuck, Substanzen, die nach gewöhnlicher Weise nicht magnetisch sind, wurden gut gerichtet und abgestofsen.

2278) Krystallisirte Körper, einfach wie doppelt brechende, verhielten sich eben so (2237). Quarzprismen, Kalkspath, Salpeter und schwefelsaures Natron richteten sich und wurden abgestofsen.

2279) Ich begann nun eine große Zahl von Körpern, genommen aus jeder Klasse, den magnetischen Kräften zu unterwerfen. Die Verschiedenartigkeit derselben wird aus der weiterhin gegebenen kurzen Liste von krystallinischen, amorphen, flüssigen und organischen Substanzen hervorgehen. Flüssigkeiten wurden in dünne Glasröhren eingeschlossen. Flintglas stellt sich aequatorial, wenn aber eine Röhre daraus sehr dünnwandig ist, giebt sie für sich allein nur

eine schwache Wirkung. Wird sie nun mit Flüssigkeit gefüllt und untersucht, so ist die Wirkung so stark, daß man nicht zu fürchten braucht, den Effect des Glases mit dem der Flüssigkeit zu verwechseln. Die Röhren dürfen nicht mit Kork, Siegellack oder irgend einer auf's Gerathewohl genommenen Substanz verschlossen werden, denn diese Substanzen sind im Allgemeinen magnetisch (2285). Gewöhnlich habe ich sie wie Fig. 2, Taf. III, gestaltet, indem ich sie am Halse auszog und seitwärts eine Oeffnung liefs, so daß, wenn sie mit Flüssigkeit gefüllt waren, keinen Verschluss erforderten.

2280) Bergkrystall

Schwefelsaurer Kalk
 Schwefelsaurer Baryt
 Schwefelsaures Natron
 Schwefelsaures Kali
 Schwefelsaure Bittererde
 Alaun
 Salmiak
 Chlorblei
 Chlornatrium
 Salpetersaures Kali
 Salpeters. Bleioxyd
 Kohlensaures Natron
 Kalkspath
 Essigsäures Bleioxyd
 Brechweinstein
 Seignettesalz
 Weinsäure
 Citronsäure
 Wasser
 Alkohol
 Aether
 Salpetersäure
 Schwefelsäure
 Salzsäure
 Lösungen verschiedener
 Alkali- und Erdsalze
 Glas
 Bleiglätte

Weißer Arsenik

Jod
 Phosphor
 Schwefel
 Harz
 Wallrath
 Caffein
 Cinchonin
 Margarinsäure
 Wachs aus Schellack
 Siegellack
 Olivenöl
 Terpenthinöl
 Gagat
 Kautschuck
 Zucker
 Stärkmehl
 Gummi arabicum
 Holz
 Elfenbein
 Hammelfleisch, getrocknet
 Ochsenfleisch, frisch
 dito getrocknet
 Blut, frisch
 dito getrocknet
 Leder
 Aepfel
 Brot.

2281) Es ist sonderbar eine Liste von Körpern wie diese zu sehen, die alle die merkwürdige Eigenschaft zei-

gen, und seltsam macht es sich, daß Holz, Fleisch oder ein Apfel dem Magnet gehorcht, oder von ihm abgestoßen wird. Wenn ein Mensch, nach Dufay'scher Weise, mit hinlänglicher Empfindlichkeit aufgehängt und in das magnetische Feld gebracht werden könnte, würde er sich aequatorial richten; denn alle Substanzen, aus denen er gebildet ist, mit Einschluss des Bluts, besitzen diese Eigenschaft.

2282) Das Stellen in den Aequator hängt von der Form des Körpers ab, und die Verschiedenheit der Form war bei den Substanzen obiger Liste sehr groß. Doch ergab sich im Allgemeinen das Resultat, daß Verlängerung in einer Richtung hinreichend sey zur Annahme einer aequatorialen Lage. Es hielt nicht schwer einzusehen, daß verhältnißmäßig große Massen sich eben so leicht richten würden als kleine, weil in großen Massen mehr Magnetkraftlinien zur Wirkung auf den Körper beitragen; und dies bestätigte sich auch wirklich. Auch ergab sich bald, daß eine Platte oder ein Ring eben so gut war wie ein Cylinder oder ein Prisma; Platten oder flache Ringe von Holz, Wallrath, Schwefel etc., richtig aufgehängt, nahmen die aequatoriale Stellung sehr gut an. Könnte schweres Glas als Platte oder Ring in Wasser schwimmen, so daß es in jeder Richtung frei beweglich wäre, so würde es, unter diesen Umständen den magnetischen Kräften unterworfen (*subject to magnetic forces diminishing in intensity*), sich sogleich aequatorial stellen, und, wenn sein Mittelpunkt mit der Axe der Magnetkraft zusammenfiel, daselbst bleiben; wenn aber sein Mittelpunkt außerhalb dieser Linie läge, würde es vielleicht allmählig in der Aequatorebene von dieser Axe fortgehen (*pass of from this axis in the plane of aequator and go out from between the poles*).

2283) Ich habe nicht gefunden, daß Zertheilung der Substanz einen Einfluß auf die Erscheinungen ausübe. An einem Kalkspath wurde beobachtet, mit welcher Kraft er sich aequatorial stelle; dann wurde er in sechs oder mehre Stücke zerschlagen, in ein Glasrohr geschüttet und abermals geprüft; so weit sich ermitteln liefs, war der Effect der-

selbe. Bei einem zweiten Versuch ward der Kalkspath erst in kleinere Stücke verwandelt, dann in gröbliches Pulver und zuletzt in feines Pulver. Jedesmal auf die aequatoriale Stellung untersucht, konnte ich keinen Unterschied wahrnehmen, wenn nicht etwa im letzten Fall, wo mir das Streben zu dieser Stellung eine geringe, doch fast unmerkliche Abnahme zu zeigen schien. Kieselerde gab dasselbe Resultat, keine Abnahme der Kraft. In Bezug hierauf will ich auch bemerken, daß Stärkmehl und andere fein gepulverte Körper die Erscheinung sehr gut zeigen.

2284) Sehr feine Versuche und große Sorgfalt wären erforderlich, wollte man die Stärke dieser magnetischen Wirkung bei verschiedenen Körpern ermitteln; ich habe in dieser Beziehung nur sehr geringe Fortschritte gemacht. Schweres Glas steht über Flintglas, und letzteres über Tafelglas. Wasser steht unter allen diesen, und ich glaube Alkohol unter Wasser, und Aether unter Alkohol. Borsaures Bleioxyd steht eben so hoch als schweres Glas, wenn nicht darüber, und Phosphor steht wahrscheinlich an der Spitze aller eben genannten Substanzen. Ich fand auch die Aequatorial-Stellung des Phosphors zwischen den Polen eines gewöhnlichen Magneten bestätigt (2273).

2285) Ich war sehr betroffen durch die Thatsache, daß das Blut nicht magnetisch ist (2280), und eben so wenig irgend eins der versuchten Exemplare der rothen Muskelfaser von Rind oder Hammel. Diefs war um so auffallender, als, wie wir später sehen werden, das Eisen *immer* und in *fast allen Zuständen* magnetisch ist. In Bezug auf diesen Punkt mag jedoch bemerkt seyn, daß der gewöhnliche Magnetismus der Materie und diese *neue Eigenschaft* einander in ihren Effecten gegenüberstehen; und daß wenn diese Eigenschaft stark ist, sie einen sehr geringen Grad von gewöhnlicher Magnetkraft überwältigen kann, gerade eben so wie ein gewisser Betrag von magnetischer Kraft das Daseyn dieser Kraft völlig verstecken kann (2422). Deshalb ist es so nöthig, die Körper zuvörderst auf ihre magnetische Beschaffenheit sorgfältig zu untersuchen (2250).

Die folgende Liste einiger Substanzen, die schwach magnetisch befunden wurden, kann zur Erläuterung dienen: — Papier, Siegellack, Tusch, Berliner Porcellan, Seidenwurm-darm (*silkworm-gut*), Asbest, Flussspath, Mennige, Vermillon, Bleihyperoxyd, Zinkvitriol, Turmalin, Graphit, Schellack, Holzkohle. Bei einigen dieser Substanzen war der Magnetismus durch die ganze Masse verbreitet, bei anderen war er auf gewisse Stellen beschränkt.

2286) Auf diesen Punkt gelangt, will ich bemerken, daß wir keine Schwierigkeit in der Annahme finden können, daß die Erscheinungen das Daseyn einer für uns neuen magnetischen Eigenschaft der Materie darthun. Nicht die uninteressanteste der daraus sich ergebenden Folgerungen ist die Weise, in welcher sie die oft aufgestellte Behauptung, daß alle Körper magnetisch seyen, besichtigt. Diejenigen, welche dies behaupteten, meinten, daß alle Körper magnetisch sind, wie es Eisen ist, und sagen, daß sie sich zwischen den Körpern richten. Die neuen Thatsachen widerlegen einerseits diese Behauptung, bestätigen aber andererseits in allen gewöhnlichen Körpern das Daseyn von Kräften, welche den in magnetischen Körpern vorhandenen direct entgegengesetzt sind, denn wo diese Anziehung bewirken, erzeugen sie Abstofsung; jene bringen den Körper in eine axiale Richtung, diese in eine aequatoriale; und die Thatsachen in Bezug auf Körper im Allgemeinen sind genau die umgekehrten von denen, welche nach der erwähnten Ansicht stattfinden würden.

IV. Wirkung von Magneten auf Metalle im Allgemeinen.

2287) Die Metalle bilden in Bezug auf magnetische und elektrische Kräfte eine Körperklasse von so hohem und besonderem Interesse, daß man von ihnen wohl zuerst einige eigenthümliche Erscheinungen hinsichtlich der auffallenden Eigenschaft erwarten muß, die sich bei so großer Anzahl verschiedenartiger Körper vorfindet. Da sich bei dieser bis so weit kein Zusammenhang mit Leitung oder

Nichtleitung, Durchsichtigkeit oder Undurchsichtigkeit, Starrheit oder Flüssigkeit, krystallinischem oder amorphem Zustand, mit Ganzheit oder Zerstückelung gezeigt hatte, so war es für mich von hohem Interesse, zu erfahren, ob die Metalle sich diesem allgemeinen Verhalten anschließen oder von ihm absondern würden.

2288) Dafs die drei Metalle, Eisen Nickel und Kobalt, eine besondere Klasse bilden, schien fast unzweifelhaft, und ich glaube es wird der Untersuchung zum Vortheil gereichen, wenn ich sie in einem besonderen Abschnitt betrachte. Wenn sich fernerhin ein anderes Metall nach Art dieser magnetisch erweist, würde es recht und zweckmäfsig seyn, dasselbe in die nämliche Klasse zu stellen.

2289) Zunächst hatte ich also zu prüfen, ob die Metalle eine Anzeige von gewöhnlichem Magnetismus gäben. Eine solche Prüfung erfordert Magnete von nicht geringerer Kraft als die, welche zu der ferneren Untersuchung angewandt werden müssen. Ich habe viele Exemplare von Metalle gefunden, welche sich gegen eine Magnetonadel oder einen starken Hufeisenmagnet (2157) als frei von Magnetismus erwiesen, und dennoch reichliche Anzeigen von ihm gaben, wenn sie neben einem oder neben beiden Polen des beschriebenen Magnets aufgehängt wurden (2246).

2290) Meine Probe auf Magnetismus war diese. Wenn der zu untersuchende, etwa zwei Zoll lange Metallstab, im magnetischen Felde aufgehängt (2249), zuerst etwas schief gegen die axiale Linie lag, und dann bei Einwirkung der magnetischen Kräfte in die axiale Richtung, statt in die aequatoriale, getrieben wurde oder in einer etwas schiefen verblieb, so betrachtete ich ihn als magnetisch. Denselben Schlufs zog ich, wenn er, dem einen Magnetpol nahe, von ihm angezogen, statt abgestofsen wurde. Offenbar ist diese Probe nicht scharf, weil, wie früher erwähnt (2285), ein Körper einen geringen Grad von Magnetismus besitzen und dennoch die neue Eigenschaft bei ihm so stark seyn kann, dafs sie diesen neutralisirt oder übertrifft. Im ersten Fall könnte er frei von beiden Eigenschaften erscheinen, im zweiten frei

vom Magnetismus, aber begabt mit einem geringen Grade der neuen Eigenschaft.

2291) Folgende Metalle erwiesen sich, auf die obige Art geprüft, als nicht magnetisch; und wären sie magnetisch, würden sie es doch in so geringem Grade seyn, daß dadurch die Resultate nicht gestört oder der Fortgang der Untersuchung nicht gehemmt würde.

Antimon, Wismuth, Kadmium, Kupfer, Gold, Blei, Quecksilber, Silber, Zinn, Zink.

2292) Folgende Metalle waren und sind noch für mich magnetisch, und deshalb Gefährten (*companions*) des Eisens, Nickels und Kobalts:

Platin, Palladium, Titan.

2293) Ob diese Metalle an sich oder vermöge eines geringen Gehalts an Eisen, Nickel oder Kobalt magnetisch seyen, unternehme ich für jetzt nicht zu entscheiden; auch will ich nicht behaupten, daß die der ersten Liste unmagnetisch sind. Es hat mich sehr überrascht, fast alle von mir untersuchten Proben von Zink, Kupfer, Antimon und Wismuth anscheinend frei von Eisen zu finden; und ich halte es für sehr wahrscheinlich, daß einige Metalle, wie Arsenik etc. ein starkes Vermögen besitzen, den Magnetismus eines jeden Antheils Eisen zu dämpfen und zu vernichten, während andere Metalle, wie Silber und Platin, wenig oder nichts in dieser Beziehung ausrichten.

2294) In Betreff des Einflusses, den die Magnetkraft auf die nicht nach Art des Eisens magnetischen Metalle ausübt (2291), will ich bemerken, daß er zwei Wirkungen hervorbringt, die sorgfältig von einander zu trennen sind. Die eine hängt ab von inducirten magnetó-elektrischen Strömen, und soll weiterhin (2309) erwogen werden. Die andere schließt Effecte ein von gleicher Art wie die, welche bei schwerem Glase und vielen anderen Körpern hervor gebracht werden (2276).

2295) Alle die nicht magnetischen Metalle unterliegen der Magnetkraft, und zeigen im Allgemeinen dieselben Erscheinungen wie die schon angeführte große Klasse von Kör-

Körpern. Die Kraft, welche sie dann äußern, besitzen sie in verschiedenem Grade. Antimon und Wismuth zeigen sie gut, besonders das letztere. Das Wismuth übertrifft das schwere Glas, das borsaure Bleioxyd und vielleicht den Phosphor. Ein kleiner Stab oder Cylinder von Wismuth, etwa 2 Zoll lang und 0,25 bis 0,5 Zoll breit, ist besser als irgend eine bis jetzt von mir untersuchte Substanz geeignet die verschiedenen eigenthümlichen Erscheinungen zu zeigen.

2296) Genau gesprochen war der von mir angewandte Wismuthstab 2 Zoll lang, 0,33 Zoll breit und 0,2 Zoll dick. Als dieser Stab, zwischen den Polen, im magnetischen Felde aufgehängt und der Magnetkraft ausgesetzt wurde, nahm er so frei wie schweres Glas (2253) die aequatoriale Richtung an, und wenn er aus dieser abgelenkt wurde, kehrte er frei in sie zurück. Diese letzte Erscheinung, obwohl im vollen Einklang mit den früheren, steht mit den Erscheinungen beim Kupfer und bei einigen anderen Metallen (2309) in so auffallendem Contrast, daß sie hier besonders erwähnt zu werden verdient.

2297) Die verhältnißmäßige Empfindlichkeit des Wismuths veranlaßt unter verschiedenen Umständen verschiedene Bewegungen, die, wegen ihrer verwickelten Natur, einer sorgfältigen Auseinandersetzung und Erläuterung bedürfen.

2298) Wenn der cylindrische Elektromagnet (2246) vertical gestellt wird, so bietet der obere Pol eine ebene kreisrunde Horizontalfäche von $2\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser dar. Eine kleine Probekugel (2266) von Wismuth dicht über dem Mittelpunkt dieser Fläche aufgehängt, bewegt sich nicht durch den Magnetismus. Führt man aber die Kugel nach außen, z. B. bis zur Hälfte zwischen Mitte und Rand, so bewegt der Magnetismus sie einwärts oder gegen die verlängerte Axe des Eisencylinders. Wird sie noch weiter nach außen geführt, so bewegt sie sich durch den Einfluß des Magnetismus auch noch einwärts, und dies geht fort bis sie genau über dem Rand des Eisenkerns ist, wo sie

wiederum gar keine Bewegung zeigt (durch eine Abänderung des Versuchs ist bekannt, daß sie hier eine von dem Kern in die Höhe gehende Richtung annehmen würde). Wird sie ein wenig weiter auswärts geführt, so treibt der Magnetismus sie nach aufsen, und diese Richtung erhält sie auch in jeder ferneren Lage oder längs den Seiten des Eisenkerns herunter.

2299) In der That ist die kreisrunde Kante, welche das Ende des Kerns mit den Seiten desselben bildet, der Scheitel eines Magnetspols für einen Körper, der wie die Wismuthkugel dicht daran liegt; und weil die von ihm ausgehenden Magnetkraftlinien nach allen Richtungen divergiren und rasch abnehmen, strebt auch die Kugel in allen Richtungen einwärts, auf- und auswärts fortzugehen, und bewirkt so die beschriebenen Erscheinungen. In der That zeigen sich nicht alle diese Erscheinungen, wenn man die Kugel in größerem Abstände vom Eisen hält, also in magnetische Curven bringt, die im Allgemeinen eine einfachere Richtung haben. Um den Einfluß der Kante zu entfernen, wurde auf das Ende des Eisenkerns ein Eisenkegel gesetzt; nun wurde die Wismuthkugel bloß über dem Scheitel des Kegels in die Höhe getrieben, dagegen auf- und auswärts, so wie sie sich mehr oder weniger zur Seite desselben befand; immer wurde sie von dem Pol in derjenigen Richtung fortgetrieben, welche sie am schnellsten aus stärkeren Punkten der magnetischen Kraft in schwächere versetzte.

2300) Kehren wir zu dem verticalen flachen Pol zurück. Als ein Wismuthstab horizontal, concentrisch und dicht neben dem Pol aufgehängt ward, konnte er in Bezug auf die Axe des Pols jegliche Lage annehmen, und zugleich hatte er ein Streben sich aufwärts oder von dem Pole ab zu bewegen. Lag der Drehpunkt etwas excentrisch, so drehte sich der Stab allmähig, bis er der den Drehpunkt mit der verlängerten Axe verbindenden Linie parallel war, und der Schwerpunkt bewegte sich einwärts. Wenn sein Drehpunkt eben außerhalb des Randes der flachen kreisrunden Endfläche war und der Stab bildete einen gewissen

Winkel mit der radialen Linie, welche die Axe des Kerns mit dem Drehpunkt verband, so waren die Bewegungen des Stabes unsicher und schwankend. War der Winkel mit der radialen Linie geringer als zuvor, so bewegte sich der Stab zum Parallelismus mit dem Radius und ging einwärts; war der Winkel größer, so stellte sich der Stab winkelrecht gegen die radiale Linie und ging auswärts. Lag der Mittelpunkt noch mehr auſserhalb als im letzten Fall oder lag er herunter zur Seite des Kerns, so stellte sich der Stab immer winkelrecht auf den Radius und ging auswärts. Alle diese complicirten Bewegungen lassen sich leicht auf ihren elementaren Ursprung zurückführen, wenn man Rücksicht nimmt auf den Charakter der kreisrunden Kante (*circular angle*), welche das Ende des Kerns begränzt, auf die Richtung der von ihr und den übrigen Theilen des Pols ausgehenden Magnetkraftlinien, auf die Lage der verschiedenen Theile des Stabes in diesen Linien, und auf den Grundsatz, daß jedes Theilchen auf dem nächsten Wege von stärkeren zu schwächeren Punkten der Magnetkraft zu gehen strebt.

2301) Das Wismuth wird gut gerichtet und abgestoſsen (2296), wenn es in Wasser, Alkohol, Aether, Oel, Quecksilber etc. eingetaucht, auch wenn es in Gefäſse von Steingut, Glas, Kupfer, Blei etc. (2272) eingeschlossen oder durch 0,75 bis 1,0 Zoll dicke Schirme von Wismuth, Kupfer oder Blei geschützt ist. Selbst als man einen Wismuthwürfel (2266) in ein Eisengefäß von 2,5 Zoll Durchmesser und 0,17 Zoll Dicke brachte, ward es gut und frei von dem Magnetpol abgestoſsen.

2302) Es scheint auch keinen Unterschied in dem Charakter oder dem Grade seiner magnetischen Eigenschaft auszumachen (2283), ob das Wismuth in Einem Stück oder als sehr feines Pulver angewandt wird.

2303) Mit aufgehängten oder unter andere Umstände versetzten Massen und Stäben von Wismuth habe ich viele Versuche angestellt, um auszumitteln, ob zwei Stücke, welche gemeinschaftlich unter dem Einfluß der Magnetkräfte

standen, irgend eine anziehende oder abstofsende Wirkung auf einander ausübten; allein ich konnte keine Anzeige davon entdecken. Sie schienen vollkommen indifferent gegen einander zu seyn, und jedes strebte blofs von stärkeren Punkten der Magnetkraft zu schwächeren überzugehen.

2304) Papier, welches auf dem horizontalen kreisrunden Ende des verticalen Pols (2246) lag, wurde mit sehr fein gepülvertem Wismuth bestreut. So lange der Magnet nicht erregt war, konnte man auf das Papier tupfen, ohne dafs etwas besonderes geschah; war er aber in Thätigkeit versetzt, so zog sich das Pulver in zwei Richtungen, ein- und auswärts, von der über der Kante des Kerns befindlichen kreisrunden Linie fort, legte diesen Kreis blofs, und zeigte zugleich ein Streben in allen Richtungen von dieser Linie abwärts (2299).

2305) Endigte sich der Pol in einem Kegel (2246), so gab Papier, welches mit Wismuthpulver bestreut war, bei Hinwegziehung über die Spitze des Kegels, so lange der Magnet unthätig war, kein besonderes Resultat; war er aber thätig, so wurde durch diese Operation jeder über den Kegel kommende Punkt vom Pulver gesäubert, so dafs klare Linien in dem Pulver die Stellen bezeichneten, unter welchen der Pol fortgegangen war.

2306) Zwischen den Polen des gewöhnlichen Hufeisenmagneten stellte sich der Wismuthstab und ein Stab von Antimon aequatorial.

2307) Folgende Liste mag einen Begriff geben von der Reihe, nach welcher einige Metalle sich hinsichtlich dieser neuen Erscheinungen anordnen; doch bin ich nicht sicher, dafs sie vollkommen frei von magnetischen Metallen waren. Ueberdies giebt es gewisse andere Erscheinungen, welche der Magnetismus in seiner Wirkung auf Metalle hervorbringt (2309), welche mit der von der neuen Eigenschaft erzeugten sehr in Conflict gerathen:

Wismuth, Antimon, Zink Zinn, Kadmium, Quecksilber, Silber, Kupfer.

2308) Ich crinnere mich dunkel, dafs die Abstofsung

von Wismuth durch einen Magnet vor einigen Jahren beobachtet und beschrieben worden ist. Wenn dem so ist, so erhellt, daß das, was damals als eine isolirt stehende Erscheinung betrachtet werden mußte, die Folge einer allgemeinen, allen Substanzen zukommenden Eigenschaft war ¹⁾).

2309) Ich schreite nun zur Betrachtung einiger besonderen Erscheinungen, welche sich beim Kupfer und einigen anderen Metallen zeigen, wenn sie der Wirkung magnetischer Kräfte unterworfen werden, und welche die schon beschriebenen Effecte zu verdecken streben, so daß sie Den, welcher sie nicht kennt, sehr in Verwirrung und Zweifel setzen. Ich will zunächst ihre Aeufserlichkeiten beschreiben und dann zu ihrem Ursprung übergehen.

2310) Hängt man statt des Wismuthstabes (2296) einen Kupferstab von gleicher Gröfse zwischen den Polen auf (2247), und entwickelt deren Kraft im Moment, da der Stab eine schiefe Lage zwischen der axialen und æquatorialen Linie besitzt, so bemerkt man eine Einwirkung auf den Stab, doch nicht in der Art, daß er sich in die æqua-

1) Hr. De la Rive hat mich dieser Tage auf die *Biblioth. univ.* 1829, T. XL, p. 82, verwiesen, wo sich findet, daß der besagte Versuch Hrn. Le Baillif zu Paris angehört; Hr. Le Baillif zeigte vor 16 Jahren, daß Wismuth und Antimon von der Magnetonadel abgestoßen werden. Es muß auffallen, daß ein solcher Versuch so lange ohne weitere Resultate geblieben ist. Ich bin erfreut, diese Hinweisung noch vor dem Druck der gegenwärtigen Abhandlung geben zu können. Diejenigen, welche meine Aufsätze lesen, werden hier, wie bei manchen anderen Gelegenheiten, die Folgen eines immer schwächer werdenden Gedächtnisses erkennen; ich hoffe, daß sie Entschuldigung finden, und daß Unterlassungen und Irrthümer dieser Art als absichtslose angesehen werden. — M. F., 1845, Dec. 30. — [Die Beobachtung des Hrn. Le Baillif und ihre theilweise Bestätigung (was die Repulsion von Wismuth und Antimon betrifft) durch Hrn. Becquerel findet sich auch in diesen Annalen, Bd. 10, S. 507 und S. 293, an welchem letzteren Ort zugleich die schon von Brugmans beobachtete Repulsion des Wismuths (deren auch Hr. Faraday am Schlusse seiner im nächsten Hefte mitzutheilenden XXIsten Reihe von Untersuchungen erwähnt) in Erinnerung gebracht ist. P.]

toriale Linie zu stellen sucht; im Gegentheil geht er auf die axiale Lage zu, wie wenn er magnetisch wäre. Er setzt jedoch seine Bewegung nicht bis zur Ankunft in jener Lage fort, sondern hält rasch ein; ganz unähnlich einem vom Magnetismus erzeugten Effect, und kommt, ohne eine Schwingung zu machen, daselbst auf einmal zu einer todten Ruhe; dies geschieht selbst wenn der Stab vermöge der Torsion oder einer anderen Ursache sich vorher mit einer Kraft bewegte, die ihn mehrmals im Kreise herumgedreht hätte. Diese Erscheinung steht im auffallenden Contrast mit der, welche sich bei Anwendung von Antimon, Wismuth, schwerem Glase und ähnlichen Körpern zeigt; und ist eben so fern von einem gewöhnlichen magnetischen Effect.

2311) Die Lage, welche der Stab angenommen hat, behauptet er mit einem bedeutenden Grad von Hartnäckigkeit, sobald die Magnetkraft unterhalten wird. Wird er aus ihr abgelenkt; so kehrt er nicht nur in sie zurück, sondern nimmt die neue Stellung in derselben Weise ein und beharrt in derselben eben so fest. Ein Stoß, der den Stab, wenn kein Magnetismus zugegen wäre, mehrmals im Kreise herumdrehen würde, bewegt ihn nur um 20° bis 30° . Dies ist nicht der Fall beim Wismuth und schwerem Glase; sie schwingen frei im magnetischen Feld, und kehren immer in die aequatoriale Lage zurück.

2312) Die von dem Stabe angenommene Lage kann eine jegliche seyn. In Augenblick der Erregung des Magnetismus bewegt sich der Stab ein wenig; allein davon abgesehen, kann er zuletzt in jeder erforderlichen Lage festgehalten werden. Selbst wenn er vermöge der Torsion (*or momentum*) mit bedeutender Kraft schwingt, kann er an jeder beliebigen Stelle zur Ruhe gebracht werden.

2313) Zwei Stellungen kann jedoch der Stab bei Anfang des Versuchs einnehmen, aus welchen der Magnetismus ihn nicht bewegt: die aequatoriale und die axiale. Befindet sich der Stab nahe mitten zwischen diesen, so wird er gewöhnlich bei erster Wirkung des Magneten sehr stark affi-

cirt); allein die Lage des stärksten Effects ist verschieden nach Form und Dimensionen der Magnetpole und des Stabes.

2314) Liegt das Centrum der Drehung in der axialen Linie, aber dem einen Pole nahe, so geschehen diese Bewegungen gut und sind in ihrer Richtung deutlich; liegt es aber in der aequatorialen Linie, an einer Seite der axialen Linie, so sind sie abgeändert, doch in einer Weise, die später leicht verständlich seyn wird.

2315) Nachdem wir so die Erscheinung während der Magnetkraft betrachtet haben, wollen wir sehen, was beim Verschwinden derselben geschieht; denn die Fortdauer derselben ändert nichts. Wenn, nachdem der Magnetismus zwei bis drei Secunden unterhalten worden, der elektrische Strom unterbrochen wird, so erfolgt augenblicklich eine starke Wirkung auf den Stab, welche wie ein Rückstoß (*revulsion*) aussieht (denn der Stab geht zurück in der Bewegung, welche er beim Schließen der Kette auf einem Moment annahm) allein mit solcher Gewalt, daß wenn er vielleicht 15° bis 20° vorgerückt ist, der Rücksprung manchmal zwei bis drei ganze Umdrehungen beträgt.

2316) Schweres Glas und Wismuth zeigen dergleichen Erscheinungen nicht.

2317) Wird, während der Stab sich rückwärts dreht, der elektrische Strom am Magneten erneut, so steht der Stab sogleich still, die früheren Erscheinungen und Resultate zeigend (2310), und wenn man dann die Magnetkraft unterdrückt, wird er abermals ergriffen, und nun natürlich in entgegengesetzter Richtung zu dem früheren Rückgang.

2318) Wird der Stab in der aequatorialen oder axialen Lage von der Magnetkraft gefaßt, so erfolgt kein Rücksprung, dagegen wiederum einer, wenn man ihn gegen diese Lagen neigt, und die Stellen, welche in dieser Beziehung am wirksamsten sind, scheinen die für das erste kurze Vorücken günstigsten zu seyn (2313). Befindet sich der Stab in einer Lage, in welcher ein starker Rückgang erfolgen würde, und wird er nun bei unterhaltenem Magnetismus mit der Hand in die aequatoriale oder axiale Lage gedreht, so

findet, bei Aufhebung der magnetischen Kraft, kein Rücksprung (*révulsion*) statt.

2319) Wird der elektrische Strom, und demgemäß der Magnetismus nur einen Moment unterhalten, so ist der Rücksprung nur sehr gering; er ist desto geringer, je kürzer die Dauer der Magnetkraft ist. Unterhält man die Magnetkraft zwei bis drei Secunden, unterbricht sie dann und erneuert sie *augenblicklich*, so wird der Stab entfesselt, und wieder von der Kraft gefasst, ehe er seinen Ort merklich ändert; und man läßt sich beobachten, daß er bei *Erneuerung* der Kraft nicht vorrückt, wie er es gethan haben würde, wenn er bei erster Schließung an jenem Ort ergriffen wäre (2310), d. h. macht der Stab einen gewissen Winkel gegen die axiale Lage, so wird der erste Hinzutritt der Magnetkraft ihn dieser Lage näher bringen; befindet sich aber der Stab in derselben Stellung, und wird die Magnetkraft unterbrochen und *augenblicklich* erneuert, so setzt der zweite Hinzutritt der Kraft den Stab nicht in Bewegung, wie er es zuerst that.

2320) Bei Eintauchung des Kupferstabes in Wasser, Alkohol und Quecksilber finden dieselben Erscheinungen statt wie in der Luft, aber die Bewegungen sind natürlich nicht so groß.

2321) Auch Platten von Kupfer oder Wismuth, einen Zoll dick, zwischen die Pole und den Kupferstab eingeschoben, ändern nichts an den Resultaten.

2322) Bei Anwendung von nur einem Pol treten die Effecte so gut auf wie zuvor, sobald nur der Pol im Verhältniß zu dem Stab eine so große Fläche hat wie das Ende des Eisenkerns (2246). Ist aber der Pol durch die Aufsetzung des Kegels zugespitzt oder befindet sich der Stab gegenüber der Endkante des Kerns, so sind die Erscheinungen sehr schwach oder gänzlich verschwindend, und es bleibt bloß die allgemeine Thatsache der Abstossung (2295).

2323) Die eben beschriebenen eigenthümlichen Effecte zeigen sich vielleicht noch auffallender, wenn der Kupferstab lothrecht aufgehängt wird, und zwar gegenüber oder

nahe der großen Fläche eines einzelnen Magnetpols, oder, wenn der Pol, wie beschrieben (2246. 2263), vertical gestellt wird, irgendwo nahe an seiner Seite. Der Stab ist, wie man sich erinnern wird, 2 Zoll lang, 0,33 Zoll breit und 0,2 Zoll dick, und da er sich nun um eine seiner Länge parallele Axe dreht, so sind es die beiden kleineren Dimensionen, welche sich in die neuen Lagen zu drehen bereit stehen. In diesem Falle bewirkt die Entwicklung der Magnetkraft eine kleine Drehung des Stabes, übereinstimmend mit den zuvor beschriebenen Effecten, und die Aufhebung der Magnetkraft veranlaßt einen Rücksprung, welcher den Stab mehrmals um seine Axe dreht. Allein in jedem Moment kann der Stab wie zuvor wieder gefasst und in seiner Stellung angehalten werden. Beim Schliessen der Batterie zeigt sich eine Tendenz, die größere Querdimension, d. h. die Breite des Stabes, parallel zu stellen der Linie, welche die Mitte der Wirkung des Magneten mit dem Stabe verknüpft.

2324) Der Stab ist, wie zuvor (2311), was die Drehung um seine Axe betrifft, äußerst träge, wie wenn er in ein dichteres Mittel getaucht wäre; allein diese Trägheit afficirt nicht den Stab als Ganzes, denn jede Pendelschwingung, die er besitzt, fährt unverändert fort. Sehr sonderbar macht es sich, einen um seinen Aufhängpunkt schwingenden (2249) und zugleich um seine Axe sich drehenden Stab zu sehen, wenn er zuerst von der Magnetkraft ergriffen wird, denn augenblicklich hört die letztere Bewegung auf, während die erstere in unveränderter Stärke fortbesteht.

2325) Dieselbe Trägheit findet sich bei einem Würfel oder einer Kugel von Kupfer; allein die Erscheinungen der ersten Drehung und des Rücksprungs hören auf (2310-2315).

2326) Stäbe von Wismuth und schwerem Glase zeigen nichts der Art. Die eigenthümlichen Erscheinungen beim Kupfer sind von denen bei diesen Substanzen eben so verschieden als von den gewöhnlichen magnetischen Vorgängen.

2327) Was die Ursache dieser Effecte betrifft, so scheint

mir, daß sie abhängen von dem vortreflichen Leitvermögen des Kupfers für elektrische Ströme, von dem allmähigen Entwickeln und Verschwinden der magnetischen Kraft im Eisenkern des Elektromagneten und von der Erregung jener inducirten magneto-elektrischen Ströme, welche ich in der ersten Reihe dieser Experimental - Untersuchungen (55. 109) beschrieben habe.

2328) Die Vernichtung der Bewegung um die eigene Axe, welche der den Magnetkräften unterworfenen Stab zeigt, kommt auch einer Kugel und einem Würfel zu. Sie ist diesen Körpern jedoch nur dann eigen, wenn ihre Drehungsaxen winkelrecht oder schief gegen die Magnetkraftlinien sind; nicht aber wenn sie ihr parallel sind; denn der horizontale oder verticale Stab, der Würfel oder die Kugel drehen sich mit vollkommener Leichtigkeit, wenn sie über dem verticalen Pol (2246) aufgehängt sind; die Drehung und Schwingung geschehen dann eben so frei und in derselben Weise wie die entsprechenden Bewegungen des Wismuths oder schweren Glases. Ihre Vernichtung gelangt zum Maximum, wenn die Drehungsaxe winkelrecht auf den Magnetkraftlinien ist, und wenn der Stab, Würfel u. s. w. sich dem Pole nahe befindet.

2329) Ohne sehr in's Einzelne zu gehen, kann ich sagen, daß die Erscheinung vollständig durch die in der Kupfermasse inducirten elektrischen Ströme erklärt wird. Aus der zweiten Reihe dieser Untersuchungen (160) ¹⁾ wird erhellen, daß wenn eine Kugel, die der Wirkung der Magnetkraftlinien unterworfen ist, sich um eine auf diesen Linien winkelrechte Axe dreht, ein elektrischer Strom in einer der Rotationsaxe parallelen Ebene auf ihr herumläuft, und folglich in ihr eine magnetische Axe erzeugt wird, die gegen die Curven des inducirenden Magneten rechtwinklich ist. Die Magnetpole dieser Axe liegen also in derjenigen Richtung, welche, vereint mit dem Haupt-Magnetpol, die Kugel zurückzuziehen sucht, entgegen der Richtung, in welcher sie rotirt. Wenn demnach ein Stück Kupfer vor

1) *Philosoph. Transact.* 1832, p. 168. (*Ann. Bd.* 25, S. 148.)

einem Nordpol rotirt, so dafs die dem Pole nächsten Theile sich nach der Rechten bewegen, so wird die rechte Seite des Kupfers im süd-magnetischen Zustand seyn, und die linke im nord-magnetischen; und diese Zustände werden der rechts gewandten Bewegung des Kupfers entgegen zu wirken streben; wenn sie in umgekehrter Richtung rotirt, wird die rechte Seite den süd-magnetischen Zustand besitzen, und die linke den nord-magnetischen. In welcher Richtung also das Kupfer um seine Axe rotiren möge, so wird doch, im Augenblick, wo es sich zu bewegen anfängt, eine Kraft in solcher Richtung erregt, dafs sie die Bewegung zu hemmen und zur Ruhe zu bringen trachtet. Sobald sie in Bezug auf diese Bewegungsrichtung in Ruhe ist, giebt es keinen Effect mehr, welcher sie zu stören sucht, und sie verbleibt also in Ruhe.

2330) Wenn die ganze Masse sich selber parallel bewegt, und im Vergleich zur Fläche des ihr gegenüberstehenden Pols klein ist, so geht sie zwar durch Magnetkraftlinien, die magneto-elektrische Ströme in ihr hervorzurufen trachten, allein da alle Theile sich mit gleicher Schnelligkeit und in gleicher Richtung durch einander ähnliche Magnetkraftlinien bewegen, so ist das Streben zur Bildung eines Stroms in jedem Theile gleich; es findet keine wirkliche Stromerzeugung statt, und folglich tritt nichts ein, was irgendwie die Freiheit der Bewegung beeinträchtigen könnte. Das ist der Grund, weshalb die Drehung des Stabes oder Würfels um seine eigene Axe vernichtet wird (2324. 2326); seine Pendelschwingung aber unangetastet bleibt.

2331) Dafs weder die eine noch die andere Bewegung gestört wird, wenn der Stab oder Würfel sich über dem verticalen Pol befindet (2326), ist einfach Folge davon, dafs in beiden Fällen (bei den gegebenen Dimensionen des Pols und des bewegenden Metalls) die Linien der Theilchen, durch welche hin die inducirten Ströme sich zu bewegen suchen, in der ganzen Masse einander parallel sind; da es keinen Theil giebt, durch welchen der Strom zurückkehren kann, so vermag sich also auch kein Strom zu bilden.

2332) Ehe ich zur Erklärung der übrigen Erscheinungen schreite, wird es nöthig seyn, eine allgemein anerkannte Thatsache hervorzuheben, nämlich die, daß zur Entwicklung von Magnetismus in einem Eisenkern durch einen elektrischen Strom und eben so zum Verschwinden desselben nach Aufhebung des Stroms Zeit erforderlich ist. Eine Wirkung dieses allmäligen Steigens der Kraft ward noch in der letzten Reihe dieser Untersuchungen (2170) angeführt. Diese Zeit ist wahrscheinlich länger bei einem nicht wohl geschmeidigem Eisen, als bei einem, welches es sehr gut und vollkommen ist. Die letzten Portionen von Magnetismus, welche ein gegebener Strom in einem gewissen Eisenkern entwickeln kann, werden anscheinend langsamer erlangt als die ersten; und diese Portionen (oder der sie bedingende Zustand des Eisens) scheinen auch langsamer verloren zu werden als die übrigen. Wenn die Batterie nur für einen Augenblick geschlossen wird, verschwindet der durch den Strom entwickelte Magnetismus so augenblicklich bei Aufhebung des Stroms, als er bei Bildung desselben zum Vorschein kam. Wenn aber die Schließung drei bis vier Secunden unterhalten wird, ist die Aufhebung des Stroms keineswegs von einem gleich raschen Verschwinden des Magnetismus begleitet.

2333) Um die eigenthümliche Erscheinung beim Kupfer weiter zu verfolgen und auf ihre Ursache zurückzuführen, wollen wir den Zustand des horizontalen Stabes (2310. 2313) betrachten, wenn er sich in aequatorialer Lage zwischen den beiden Magnetpolen oder vor einem derselben befindet, dabei den Drehpunkt in einer Linie mit der Axe des Pols und seiner erregenden Drahtschraube gedacht. So wie der elektrische Strom durch diese Schraube gesandt wird, erregt sowohl sie als der von ihr erzeugte Magnet Ströme von entgegengesetzter Richtung in dem Kupferstab. Dies geht aus meinen früheren Untersuchungen hervor (26) und läßt sich erweisen, wenn man einen kleinen oder großen schraubenförmigen Draht von der Gestalt des Stabes anwendet, und die in ihm erzeugten Ströme mittelst Drähte

zu einem entfernten Galvanometer führt. Solche Ströme sind im Kupfer nur so lange vorhanden, als der Magnetismus des Kernes zunimmt, und dann hören sie auf (18. 39.); allein während ihres Daseyns geben sie der, einem gewissen Pole gegenüberliegenden Seite des Kupferstabes eine wirkliche magnetische Polarität, und zwar von gleicher Art mit der jenes Pols. So wird an der dem Nordpol des Magneten zugewandten Seite des Stabes eine Nordpolarität, an der dem Südpol zugewandten eine Südpolarität entwickelt.

2334) Leicht ersichtlich ist, daß dieser Vorgang, wenn das Kupfer während dieser Zeit nur einem Pole gegenüberliegt, oder, falls es zwischen beiden Polen befindlich, dem einen näher als dem andern ist, eine Abstossung erzeugen muß. Doch kann er den ganzen Betrag der beim Kupfer sowohl als beim Wismuth beobachteten Abstossung (2295.) nicht erklären, weil die Ströme nur von momentaner Dauer sind, und mit ihnen die durch sie bewirkte Abstossung verschwinden würde. Sie bewirken jedoch einen kurzen repulsiven Impuls, und aus diesem entspringt hauptsächlich der erste Theil des eigenthümlichen Effects.

2335) Denn wenn der Kupferstab, statt der Seite des Magnetpols parallel und folglich gegen die Resultante der Magnetkraft rechtwinklich zu seyn, geneigt liegt, z. B. einen Winkel von 45° mit der Seite bildet, so bewegen sich die Ströme im Allgemeinen in einer diesem Winkel mehr oder weniger entsprechenden Ebene, wie sie es nahezu in dem Probe-Schraubendraht (2333) than, wenn dieser in gleicher Weise geneigt ist. Dies versetzt die Polaraxe des Kupferstabes auf die eine Seite, so daß die Nordpolarität nicht direct dem Nordpol des inducirenden Magnets gegenüberliegt, und deshalb wird die Wirkung, sowohl dieses als des anderen Magnetpols auf die beiden Polaritäten des Kupfers dahin gehen; daß sie dieses weiter herumdrehen oder der Länge nach (*edgeways*) gegen die Pole oder mit der Breite parallel der durch sie hingehenden magnetischen Resultante (2323) stellt; der Stab empfängt daher einen

Impuls, und die dem Magnete nächste Ecke desselben scheint gegen den Magnet gezogen zu werden. Diese Wirkung hört natürlich auf im Moment, da der Magnetismus des Eisenkerns zu wachsen aufhört; dann verschwindet die aus dieser Ursache entspringende Bewegung, und das Kupfer ist blofs der zuvor (2295) beschriebenen Wirkung unterworfen. Zu gleicher Zeit, da diese kleine Rückdrehung um den Aufhängepunkt erfolgt, wird der Schwerpunkt der ganzen Masse abgestofsen, und so glaube ich sind alle Umstände dieser Erscheinung erklärt.

2336) Es kommt nun noch der Rücksprung (*revulsion*) in Betracht, der beim Verschwinden des Stromes und beim Abnehmen des Magnetismus erfolgt. Gemäfs dem Gesetz der magneto-elektrischen Induction wird das Verschwinden der Magnetkraft kurze Ströme in dem Kupferstab induciren (28) von entgegengesetzter Richtung mit den zuerst inducirten; deshalb wird der wirkliche Magnetpol des Kupfers im Moment, da es dem Nordende des Elektromagneten am nächsten ist, ein Südpol seyn, und der von demselben Magnetpol am fernsten wird ein Nordpol seyn. Daraus entsteht eine Wirkung auf den Stab, die ihn um seinen Aufhängepunkt entgegengesetzt der früheren Richtung zu drehen sucht, und diefs bewirkt den Rücksprung; denn die dem Magnetpol nächste Ecke wird von ihm zurückweichen, die breite Fläche (2323) oder Länge (2315) des Stabes wird herumkommen und sich dem Magnet zuwenden, und eine in jeder Beziehung umgekehrte Wirkung gegen die erste wird eintreten, ausgenommen dafs wenn zuvor die Bewegung nur einige wenige Grade betrug, sie nun zu zwei oder drei ganzen Umdrehungen ausgedehnt ist.

2337) Die Ursache dieser Verschiedenheit ist einleuchtend. Im ersten Falle bewegte der Kupferstab sich unter Einflüssen, die kräftig zu seiner Verzögerung und Hemmung strebten (2329); im zweiten Falle sind diese Einflüsse fort, und der Stab dreht sich frei mit einer Kraft proportional mit der Kraft, welche der Magnet auf die von ihm selbst inducirten Ströme ausübt.

2338) Selbst wenn das Kupfer so gestaltet ist, dafs es aus den in ihm inducirten Ströme nicht die schiefe Resultante der magnetischen Wirkung giebt, wenn es z. B. einen Würfel oder eine Kugel darstellt, mufs die oben beschriebene Wirkung eintreten (2325). Als man eine Kupferplatte von etwa 0,75 Zoll Dicke und 2 Pfund Gewicht auf einige lose Holzstücke legte, ungefähr 0,1 Zoll von der Fläche des Magnetspols ab, wurde sie beim Schliessen und Geschlossenseyn der Batterie abgestofsen, und in einer gewissen Entfernung gehalten, und als die Batterie geöffnet wurde, kehrte sie zu dem Pole zurück. Allein die Rückkehr war viel kräftiger als die allein aus der Schwere entspringende (wie durch einen Versuch ermittelt wurde), indem die Platte in dem Moment wirklich *angezogen* ward, so gut wie sie vermöge der Schwere zu dem Pol strebte, was ihr denn einen starken Impuls gegen diesen hin gab.

2339) Dies ist, glaube ich, die Erklärung der eigenthümlichen Erscheinungen beim Kupfer im magnetischen Felde; und der Grund, weshalb sie bei diesem Metall, und nicht beim Wismuth oder schweren Glase auftreten, liegt fast sicher in dem hohen Leitungsvermögen desselben, welches in ihm die Bildung von Strömen durch inductive Kräfte gestattet, die im Wismuth nicht in entsprechendem Grade und im schweren Glase gar nicht entstehen können.

2340) Jeder Grad von gewöhnlichem Magnetismus, entspringe er aus der eigenen Natur des Metalls oder aus dem Gehalte kleiner Portionen magnetischer Metalle, mufs sich der Entfaltung der eben beschriebenen Resultate widersetzen, und daher können Metalle von nicht absoluter Reinheit in dieser Beziehung nicht mit einander verglichen werden. Dessenungeachtet habe ich dieselben Erscheinungen bei anderen Metallen beobachtet, und, was die Trägheit der rotatorischen Bewegung betrifft, sie selbst bis zum Wismuth verfolgt. Folgendes sind die Metalle, welche die Erscheinung in gröfserem oder geringerem Grade zeigten:

Kupfer, Silber, Gold, Kadmium, Zinn, Quecksilber, Platin, Palladium, Blei, Antimon, Wismuth.

2341) Die Uebereinstimmung dieser Erscheinungen mit der schönen Entdeckung Arago's ¹⁾, mit den Resultaten der Versuche von Herschel und Babbage ²⁾ und mit meinen eigenen früheren Untersuchungen (81) ³⁾ ist sehr einleuchtend. Ob die von Hrn. Ampère bei einem Kupfercylinder und einem Schraubendraht beobachtete Erscheinung ⁴⁾ von dieser Natur war, vermag ich nicht zu entscheiden, da die Umstände des Versuchs und die Stärke des Apparats nicht hinreichend angegeben sind, wahrscheinlich war es aber der Fall.

2342) Da wegen anderer Geschäfte wohl drei bis vier Wochen verstreichen mögen, ehe ich im Stande seyn werde die Prüfung gewisser Versuche und Schlüsse zu vollenden, so übergebe ich einstweilen diese Resultate der K. Gesellschaft zur Beachtung, und werde den Bericht von der Wirkung der Magnete auf magnetische Metalle, auf Gase und Dämpfe, so wie die allgemeinen Betrachtungen in einer anderen Reihe dieser Untersuchungen zusammenstellen.

Royal Institution, 1845, Nov. 27.

1) *Ann. de chim. et de phys.* XXVII, p. 363; XXVIII, p. 325; XXXII, p. 213. (Ann. Bd. 3, S. 343; Bd. 7, S. 385; Bd. 8, S. 517).

— Mit großem Vergnügen verweise ich hier auf die *Compt. rend.* vom 9. Juni 1845, aus denen erhellt, daß es Hr. Arago war, der zuerst seine eigenthümlichen Resultate durch Anwendung von Elektromagneten sowohl als von gewöhnlichen Magneten erhielt.

2) *Philosoph. Transact.* 1825, p. 467.

3) *Philosoph. Transact.* 1832, p. 146. (Ann. Bd. 25, S. 120.)

4) *Biblioth. univers. T. XXI*, p. 48. (Ann. Bd. 24, S. 614.)