kung hier auch thut, was aber bei galvanischem Magnetisiren nicht der Fall ist. Ein elektro-magnetisirtes Drahtbündel ist die annähernde Realisation eines Ampèreschen Solenoids. Dieses repräsentirt aber nicht einen Magneten; denn ihm fehlt die leitende Hülle, ohne welche das Drahtbündel sich eben nicht wie ein Magnet verhält. Das Wegfallen dieser Hülle kann aber im Sinne der Ampèreschen Theorie die Wirkung des Drahtbündels nicht umkehren, da die Elementarströme immer ihre convexen Seiten nach Aufsen kehren, die Anzahl derselben mag eine begränzte oder unbegränzte seyn.

II. *Ueber den Magnetismus der sogenannten unmagnetischen Metalle; von H. W. Dove.*

Wenn man die Naturkörper in Beziehung auf irgend ein physikalisches Agens eintheilt, so findet man bald, daß die zunächst sich darbietende Vorstellung eines Gegensatzes, in welchen die Körper in Beziehung auf dasselbe zerfallen, aufgegeben werden muß; denn die Wirkung, welche energisch in gewissen Körpern hervortritt, in andern vollkommen zu fehlen scheint, stuft sich in der Reihenfolge derselben so allmählig ab, daß der Uebergang unmerklich wird. Nur von den magnetischen zu den unmagnetischen Metallen ist dieser Uebergang so plötzlich, daß, während über den Magnetismus jener alle Naturforscher einig sind, die Magnetisirbarkeit der letztern eben so oft behauptet, als ihr widersprochen worden ist.

Das Verfahren, welches man seit Brugmans stets angewendet hat, um den Magnetismus anderer Substanzen als des Eisens und Nickels zu erweisen, bestand entweder darin, daß man leicht bewegliche Substanzen durch

kräftige Magnete, oder umgekehrt leicht bewegliche Magnete durch jene Substanzen zu richten und zu bewegen suchte. Der doppelte Magnetismus von Haüy und die seit Lebaillif's Sideroskop häufig wiederholte Anwendung astatischer Doppelnadeln gehört zu der zweiten Art, während die erste Methode sich bei verschiedenen Naturforschern nur in der Weise unterscheidet, wie die Körper beweglich gemacht wurden, entweder nämlich durch Schwimmen auf Wasser und Quecksilber vermittelt Korkstückchen, oder durch Aufhängen an Fäden von höchst geringer Torsion.

Der von mir eingeschlagene Weg ist hingegen ein anderer. Ich habe die Magnetisirbarkeit der verschiedenen Metalle durch die elektrischen Ströme geprüft, welche von ihnen, bei dem Verschwinden des in ihnen erregten Magnetismus, in einen sie spiralförmig umgebenden Leitungsdraht inducirt werden. In wiefern sich die auf diesem Wege erhaltenen Resultate an die früheren Beobachtungen anderer Naturforscher anschließen, wird am besten beurtheilt werden können, wenn die Ergebnisse derselben hier kurz angedeutet werden.

Nach Brugmans ¹⁾ besitzt Blei, Zinn, Antimon, Gold und Silber keine magnetische Kraft, hingegen wird auf Wasser oder Quecksilber schwimmendes Kupfer schwach angezogen, stärker Zink, eben so Wismuth von weißer, glänzender Silberfarbe, während hingegen das dunkle und fast violett gefärbte Wismuth von beiden Polen des Magnets zurückgestoßen wird. Kobalt äußert eine sehr schwache Verwandtschaft und dem Arsenik fehlt sie gänzlich; hingegen können im Messing Pole und ein Indifferenzpunkt hervorgebracht werden. Lehmann ²⁾ suchte ausführlich zu zeigen, daß der Magnetismus des Messings

1) *Magnetismus seu de affinitutibus magneticis observationes academicae* 1778. 4.

2) *De cupro et orichalco magnetico. Nov. Com. Petr.* 12 p. 368.

beigemengtem Eisen zuzuschreiben sey, während hingegen Cavallo ¹⁾ in Folge eigener Versuche zu der entgegengesetzten Ansicht gelangte. Brugmans sieht Anziehung durch den Magnet als Beweis für beigemengtes Eisen an.

Coulomb ²⁾ liefs Nadeln von Gold, Silber, Blei, Kupfer, Zinn 7 Millim. lang und 40 Milligrm. schwer zwischen den entgegengesetzten Polen kräftiger Magnete schwingen, und fand die zu vier Schwingungen erforderliche Zeit 22", 20", 18", 22", 19", während jede derselben außerhalb des Wirkungskreises jener Stäbe 44" brauchte, um vier Schwingungen zu vollenden. Bei der Wiederholung der Coulomb'schen Versuche in der *Royal Institution* erhielt Thomas Young weniger bestimmte Resultate als Coulomb. Coulomb selbst zeigte durch künstliche Combinationen von Eisenfeilen und Wachs, wie wenig Eisen erforderlich sey, um ähnliche Wirkungen hervorzubringen. Biot meint ³⁾, die Alternative, ob diese Erscheinungen durch wirklichen Magnetismus der Metalle oder durch beigemengtes Eisen hervorgebracht wären, sey nicht nothwendig, da sie auch Folgen einer andern Kraft seyn könnten. Aehnlich drückt sich Lamé ⁴⁾ in Beziehung auf die Versuche von Coulomb, Becquerel und Lebaillif aus.

Lebaillif ⁵⁾ bemerkte an seinem Sideroskop Anziehung durch Platin, Eisen, Nickel und Kobalt, hingegen Repulsion durch Wismuth und Antimon. Saigey ⁶⁾ erklärt, in Folge einer weitläufigen Versuchsreihe, diese

1) *Treatise on magnetism*, 1787, p. 283.

2) *Journal de physique*, LIV. p. 367 und 454. 1802.

3) *Précis élémentaire de physique*, sec. ed. II p. 78.

4) *Cours de physique*, II. p. 149.

5) *Bulletin universel*, VIII. p. 87.

6) *Ibid.* IX. p. 95.

Repulsion als allgemeine Eigenschaft aller in der Luft aufgehängten Körper, wahrgenommene Anziehungen hindurch Anwesenheit von Eisen.

Ampère und De la Rive untersuchten die Wirkungen eines kräftigen Magneten auf eine Kupferscheibe, die in einem von einem elektrischen Strome durchflossenen Drahte beweglich aufgehängt war.

Dieses elektromagnetisirte Kupfer soll sich, nach einer mir unvollständig bekannt gewordenen Notiz, analog dem elektromagnetisirten Eisen gegen die Pole eines kräftigen Magneten verhalten haben. Hingegen fand Becquerel ¹⁾ keinen vollständigen Parallelismus der Erscheinungen zwischen einer Kupfer- und Eisennadel, wenn beide in die Windungen eines Multiplicators gehängt wurden. Seine Versuche kommen mit denen von Muncke ²⁾ überein, welcher an eisenhaltigem Messing nachwies, daß es sich zwischen den gleichartigen Polen zweier Magnetstäbe mehr oder minder transversal stelle. Seebeck ³⁾ hat dieselbe Eigenschaft auch an andern als eisen- und nickelhaltigen Substanzen nachgewiesen. Bei diesen Versuchen zeigten folgende Metalle transversale magnetische Polarisation:

- 1) Drähte von Kupfer von $\frac{1}{2}$ bis 4 Linien Dicke;
- 2) Platin in Form von Stangen, Blechen und als Schwamm;
- 3) eine gegossene Stange von Speiskobalt, Arsenik und Nickel enthaltend;
- 4) ein Goldstreifen mit 1 Proc. Silber, Kupfer und Eisen, und 1 mit Antimon gereinigter;
- 5) regulinisches Arsenik, eisenhaltig;
- 6) Alliagen von 3 Kupfer und 1 Antimon, und 1 Kupfer und 1 Antimon;

1) *Annales de chim. et de phys.* XXV. p. 269.

2) Poggendorff's Annalen, Bd. VI S. 361.

3) Abhandlungen der Berl. Academie. 1827, S. 147.

- 7) Alliagen von 5 Kupfer und 1 Wismuth, 1 Kupfer und 1 Wismuth, 1 Kupfer und 3 Wismuth. Hingegen zeigten sich indifferent:

Quecksilber, Wismuth, Antimon, Schwefelantimon, Blei, Zinn, Zink, Cadmium, reines Silber, reiner regulinischer Arsenik, eine Legirung von 4 Antimon und 1 Eisen, und eine von Kupfer und Nickel.

Anziehung von Kupfer auf astatische Nadeln ist häufig bei Construction von Multiplicatoren beobachtet worden. So fand vor mehreren Jahren Hr. Professor Nervaander aus Helsingfors bei seiner Anwesenheit in Berlin unter sehr vielen geprüften Kupfersorten nur eine mir gehörige Stange von Japanischem Kupfer, welche auf die empfindliche Nadel seines Multiplicators nicht anziehend wirkte. Hingegen hat Faraday ¹⁾ selbst Kobalt und Chrom, welche bisher für magnetisch galten, unmagnetisch gefunden, sobald sie von Eisen frei waren. Bei dem bedeutend schwächenden Einfluß der Temperatur auf die magnetische Intensität des Eisens und Nickels wäre es aber möglich, daß bei niedriger Temperatur Metalle magnetisch würden, welche es bei gewöhnlicher nicht sind. Doch zeigten sich selbst bei -60° bis -70° F. folgende Metalle, auf eine empfindliche astatische Doppelnadel geprüft, unmagnetisch:

Arsen, Antimon, Wismuth, Kadmium, Kobalt, Chrom, Kupfer, Gold, Blei, Quecksilber, Palladium, Platin, Silber, Zinn, Zink.

Dennoch behauptet Pouillet in der später als Faraday's Abhandlung erschienenen dritten Auflage seiner Physik, I. S. 381:

- 1) daß Kobalt stets magnetisch bleibt, auch bei hellster Rothgluth;
- 2) daß Chrom seinen Magnetismus etwas unter dunkler Rothglühhitze verliert;

1) *Lond. and Edinb. Phil. Mag.* 8. p. 177.

- 3) daß Mangan bei -20° bis -25° C. magnetisch wird.

Aus den in der vorhergehenden Abhandlung mitgetheilten Versuchen über Induction durch Eisen, welches vermittelt Reibungselektricität magnetisirt wurde, hat sich ergeben:

- 1) ein elektrischer Strom, bedingt in neben ihm befindlichen Eisen, zwei einander entgegenwirkende Thätigkeiten, nämlich magnetische Polarität und elektrische Ströme;
- 2) durch Auflösen der Eisenmasse in isolirte Drähte wird die Bildung elektrischer Ströme gehemmt, und es treten daher die Wirkungen der magnetischen Polarität reiner hervor;
- 3) diese magnetische Polarität inducirt bei ihrem Verschwinden in einem Nebendraht einen elektrischen Strom, der sich stets durch Magnetisiren einer Stahlnadel nachweisen läßt. Die Polarität dieser Stahlnadel bleibt nämlich immer dieselbe, wenn ein magnetisirbares Metall in eine der vorher compensirten Spiralen des Differential-Inductors gelegt wird, aber sie ist schwächer, wenn das magnetisirbare Metall eine massive Stange oder Scheibensäule, als wenn es ein Bündel isolirter Drähte ist. Die Polarität dieser Nadel ist hingegen die umgekehrte, wenn das hineingelegte Metall ein unmagnetisches ist. In diesem Falle wird sie nämlich von einem von der leeren Spirale ausgehenden Strom bestimmt.

Bei den elektroskopischen und physiologischen Phänomenen des vom elektromagnetisirten Eisen und Nickel inducirten Stromes haben wir die auffallende That-
sache wahrgenommen, daß der schwächer magnetische Nickel stärker wirkt als das stärker magnetische Eisen, weil in jenem schlechter leitenden Metall die verzögerten elektrischen Ströme sich nicht so gut bilden können, als in dem besser leitenden Eisen, d. h. in Beziehung

auf elektroskopische und physiologische Prüfung verhält sich das massive Eisen wie ein unmagnetisches Metall, während es für das Magnetisiren der Nähnadel noch als magnetisches wirkt. Löst man es aber in isolirte Drähte auf, d. h. verhindert man die Bildung verzögernder elektrischer Ströme, so wirkt es auch in dieser Beziehung als magnetisches Metall. Es liegt nun die Vermuthung nahe, daß die sogenannten unmagnetischen Metalle sich in Beziehung auf die Eigenschaft des Stromes, Stahl zu magnetisiren, so verhalten wie Eisen für die elektroskopischen und physiologischen Eigenschaften desselben, d. h. daß sie unmagnetisch scheinen, weil die mit dem Magnetisiren gleichzeitig erregten elektrischen Ströme die Wirkung der magnetischen Polarität verdecken, daß sie es aber in der That nicht sind. Es kommt also, um die letztere hervortreten zu lassen, nur darauf an, die Bildung der elektrischen Ströme zu verhindern, d. h. sie ebenfalls in Drähte aufzulösen und dann die Richtung des inducirten Stromes durch Magnetisiren einer Stahlnadel zu prüfen. Geht der Strom von der mit dem Drahtbündel gefüllten Spirale aus, so ist das Metall ein magnetisches, geht er hingegen von der leeren aus, ein unmagnetisches.

Zu vorläufigen Versuchen wurde Messing gewählt. In Form eines Cylinders schwächte es den Strom seiner Spirale, denn der resultirende Strom ging von der leeren aus; bei einer bestimmten Dicke der Drähte blieb das Stromgleichgewicht bestehen; bei Anwendung eines Bündels dünner, gut gefirnifster Messingdrähte ging hingegen der Strom von der vollen Spirale aus. In dieser Form wurde also das vorher unmagnetische Messing magnetisch.

Diese Versuche wurden nun auf Antimon, Blei, Wis-muth, Zinn, Zink und Quecksilber ausgedehnt.

Die Isolation bei dem Quecksilber war dadurch hervorgebracht, daß es in oben und unten versiegelte Glas-

röhren eingeschlossen war, die Drähte der übrigen Metalle waren mit Schellack überzogen.

Das Kupfer war, nach der Analyse von Hrn. Heinrich Rose, eisenfrei, das Blei enthielt hingegen eine sehr schwache Spur von Eisen; Zinn Antimon und Wismuth hingegen mehr; das Zink war, nach der Untersuchung des Hrn. Dr. Marchand, chemisch rein. Die Versuche werden daher mit jenen Metallen wiederholt werden, sobald ich sie im Zustand der Reinheit erhalte.

Die Kupferdrähte hatten eine Dicke von 0,75, die Zinndrähte von 1,10, die Bleidrähte von 0,80, die Zinkdrähte von 0,60, die Messingdrähte von 0,75, die Antimonstäbe hatten einen Durchmesser von 2,80, die Wismuthstäbe von 2,80 Par. Linien, das Quecksilber war in Thermometerröhren gewöhnlicher Weite eingeschlossen.

Bei den Versuchen wurde stets ein und dieselbe Art starker Nähnadeln (sogenannte Stopfnadeln) angewendet, und die Batterie durch eine selbstentladende Flasche auf eine gleiche Ladung gebracht. Zeigte sich die Compensation der Spiralen nicht vollständig, so wurde sie durch Hineinlegen von Messingdrähten in die eine derselben vorher ermittelt.

Das Ergebniss der Versuche war bei Kupfer ein sehr merklicher Magnetismus, eben so entschieden bei Zinn, Quecksilber, Antimon und Wismuth, schwächer bei Zink und sehr unbedeutend bei Blei.

Eine Röhre von Messing schwächt die Wirkung ihrer Spirale, wirkt also unmagnetisch. Eine Röhre von Neusilber, und eben so gezogene Röhren von Zinn und Blei wirkten hingegen stark magnetisch, und zwar stärker als Drahtbündel. Es ist daher wahrscheinlich, dafs bei dem Ziehen dieser weichen Metalle zu Röhren sie sich mit einer dünnen Eisenschicht bedecken.

Das positive Resultat für Quecksilber ist deswegen wichtig, weil bei ihm eine Erklärung der Erscheinung durch beigemengtes Eisen wegfällt. Auch sind in der

vorhergehenden Abhandlung Legirungen von Eisen aufgeführt, welche in Form von Stangen sich, in dieser Weise geprüft, unmagnetisch verhalten. Die Beimengung des Eisens als solche kann also das Resultat nicht bestimmen.

Wirken in zwei einander compensirenden Spiralen ein massiver Eisencylinder und ein Bündel Eisendrähte einander entgegen, so wird bei galvanischem Elektromagnetisiren das Stromgleichgewicht in Beziehung auf das Magnetisiren einer Stahlnadel durch eine geringere Menge Drähte hervorgebracht, als in Beziehung auf das Galvanometer (diese Annalen, Bd. XXXIX S. 85); denn bei 70 Drähten von 1,12 Linien Durchmesser geschah das Magnetisiren der Stahlnadeln noch von den Drähten aus, während für das Galvanometer, selbst bei 110 Drähten, der massive Cylinder überwog. Da die bei Magnetisiren des Eisens durch Maschinenelektricität inducirten Ströme auf das Galvanometer nicht wirken, so konnte nur die Drahtmenge bestimmt werden, welche das Magnetisiren der Stahlnadel compensirte. Es fand sich dafs 14 Drähte von 0,70 Lin. Durchmesser jenen Cylinder compensirten, woraus unmittelbar hervorgeht, dafs man die magnetische Reihenfolge der Metalle nicht durch Compensation vermittelt Eisendrähten bestimmen kann, da die magnetisirende Wirkung derselben zu energisch ist. Am passendsten scheinen mir hiezu Messing- oder Kupferdrähte zu seyn.

Aus demselben Grunde kann man sich derselben nicht zur galvanometrischen Compensation bedienen, wenn man die zu vergleichenden Metalle durch galvanische Elektricität elektromagnetisirt. Es wird in dieser Beziehung genügen eine Versuchsreihe anzuführen, die mit einer Bunsen'schen Zinkkohlenkette am Differential-inductor für galvanische Elektricität erhalten wurde, in dessen Röhren nur 170 Drähte der dünnsten Sorte von 0,70 Lin. gelegt werden konnten.

Der Cylinder von weichem Eisen, die Flintenläufe und aufgeschnittene Röhren von doppeltem Eisenblech überwogen diese 170 Drähte, während eine geschlossene Röhre von doppeltem Eisenblech dadurch im Gleichgewicht erhalten wurde. Dasselbe trat für die nachfolgenden Substanzen, deren Dimensionen in der vorhergehenden Abhandlung angegeben sind, bei der danebenstehenden Drahtmenge ein.

S u b s t a n z e n.	Erforderliche Drahtmenge für galvano- metrische Compensation.
Röhre von doppeltem Eisenblech	170
Cylinder - weichem Stahl	150
- - grauem Roheisen aus dem Tiegelofen	140
- - - - Cupolo-Ofen mit warmem Wind	86
- - - - weißem Roheisen, Tiegelguß	84
Röhre von Eisenblech	84
Cylinder von weißem Roheisen a. d. Cupolo-Ofen mit kaltem Wind	83
- - - - grauem Roheisen a. d. Cupolo-Ofen mit kaltem Wind	67
- - - - hartem Stahl	67
- - - - quadratische Nickelstange (4", 75 Seite)	10
Röhre von Nickel	4
Cylinder von Eisenscheiben durch Papier getrennt	4
- - - - Stahlscheiben - - -	2
- - - - Weißblechscheiben - - -	1
Röhre von Neusilber	1
Cylinder von eisernen Bohrspähnen	1

Sowohl massive Cylinder als Drahtbündel und Röhren aus andern Metallen gaben eine kaum merkbare Schwächung ihrer Spirale. Der galvanische Strom ist also weniger geeignet den Magnetismus der sogenannten

unmagnetischen Metalle hervortreten zu lassen, als der einer sich entladenden elektrischen Flasche. Die bedeutende Schwächung der inducirenden Wirkung durch mechanische Trennung des Eisens in Scheiben geht aus dieser Versuchsreihe sehr überzeugend hervor. Es ist dies ein neuer Beweis, daß die galvanometrische Wirkung vorzugsweise durch den freien Magnetismus des elektromagnetisirten Eisens hervorgebracht wird.

III. *Ueber einige elektromagnetische Apparate:* *von M. H. Jacobi.*

(Aus dem *Bullet. scient. d. Petersb. Acad. T. IX.*)

Bereits im Mai v. J. hatte ich die Ehre der Academie mehrere elektromagnetische Apparate vorzulegen, an deren Beschreibung ich aber bis jetzt verhindert worden war. Ich will diese Beschreibung jetzt um so weniger verzögern, als der eine dieser Apparate sich bei gewissen galvanometrischen Messungen als sehr nützlich erwiesen hat, und den Experimentatoren, wie ich glaube, nicht unwillkommen seyn wird. Auf Taf. II sind drei Apparate abgebildet, wovon Fig. 6 ein elektromagnetischer Krafthebel, und Fig. 7 und 8 zwei Apparate sind, die theils zur Regulirung der Stärke des galvanischen Stromes, theils zu galvanometrischen Messungen gebraucht werden können.

I. Der elektromagnetische Krafthebel.

Im 5. Bande des *Bulletin scientifique*, p. 257 ¹⁾ befindet sich eine Reihe von Versuchen über die Anziehung der Elektromagnete, die wir, mein College Herr Lenz und ich, gemeinschaftlich mit diesem Apparate an-

1) *Annalen*, Bd. XXXVII S. 225 und 401.